

7214

A

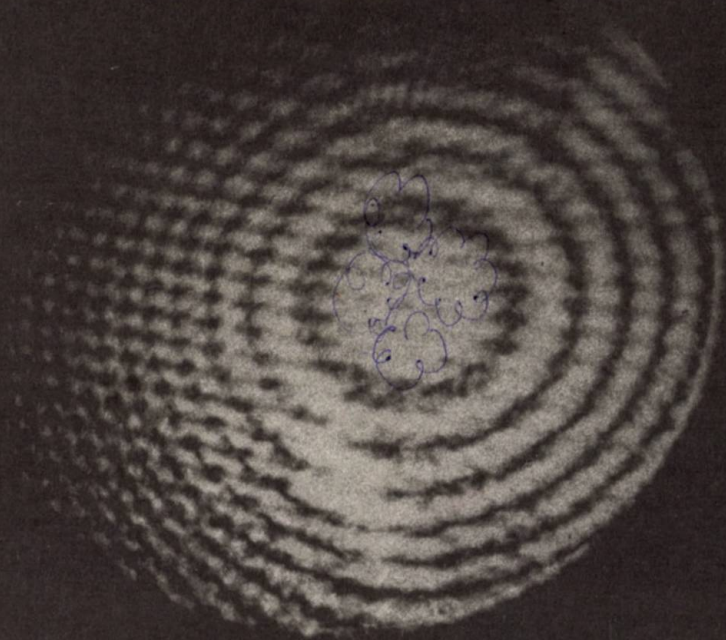
1

1989

XXVIII. évf.

FIZIKA TANÍTÁSA

A Művelődési Minisztérium módszertani folyóirata



A FIZIKA TANÍTÁSA

A MŰVELŐDÉSI MINISZTERIUM
MÓDSZERTANI FOLYÓIRATA

FELELŐS SZERKESZTŐ:
DR. GECSŐ ERVIN

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG:

GERGELY PÉTER, DR. KEDVES FERENC, KOVÁCS LÓRÁNT, DR. LITZ JÓZSEFNÉ, PÁHÁN ISTVÁN, DR. TASNÁDI PÉTER, DR. VIDÓ IMRE, VIG ISTVÁN, DR. WIEDEMANN LÁSZLÓ, DR. ZÁTONYI SÁNDOR

Szerkesztőség: Országos Pedagógiai Intézet
1087 Berzsenyi Dániel u. 6, pf 338

Kiadja: a Tankönyvkiadó 1055 Budapest V., Szalay utca 10–14. – A kiadásért felelős: a Tankönyvkiadó igazgatója. – Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető: bármely postahivatalnál, a hírlapkézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Hírlapelőfizetési és Lapellátási irodánál (HELIR), Budapest XII., Lehel u. 10/a. 1900 közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a HELIR 215-96 162 pénzforgalmi jelzőszámra.

Előfizetési díj: egy évre 42,–Ft

PERFECTOR KFT

ISSN 0428–5336

Szerkesztői üzenet

Kérjük a kartársakat, hogy közlésre szánt cikkeiket gépelve, két példányban küldjék meg a szerkesztőség fenti címére, a lakásuk és munkahelyük, valamint a személyi számuk pontos feltüntetésével. – A papírlapnak csak egyik oldalára, kettes sortávolsággal írjanak! Egy oldalra 30 sort gépeljenek! A sor hossza 66 betűhely. A cikkek terjedelme legfeljebb 6–8 gépelt oldal lehet. A rajzokat, táblázatokat külön lapon, megfelelő ábraszöveggel (aláírással) ellátva küldjék be!

*Kéziratot nem őrzünk meg és
nem adunk vissza!*

TARTALOM

Légrádi Imre: Évfordulók	1
Dr. Károlyházy Frigyes: Nehéz fogalmak megközelítése a 7. osztályos párhuzamos fizikatankönyvben	7
Dr. Károlyházy Frigyes: A 8. osztályos párhuzamos fizikatankönyv rövid ismertetése	13
Gogola Aladár: A kristályok rugalmasságát és hőtágulását jellemző állandók értelmezése golyómodellel	18
Dr. Radnóti Katalin: Ideális gáz, reális gáz?	23
Szegedi Ervin: Szabadsági fokok számának mérése gázban a Clement–Desormes-kísérlet alapján a gimnázium I. osztályában	24
Mihalovics Sándor: Néhány gondolat a fémes vezetés tanításának módszertanához	27

Címképünk: Interferenciagyűrűk az ernyőn (Simon László felvétele)

Évfordulók

Fizikátörténeti események

50 évvel ezelőtt, 1939-ben

- állította elő kísérletileg az urán maghasadását, és mérte meg közvetlenül a hasadás energiáját *Frisch, Joliot-Curie és Anderson*.
- jósolta meg a mag spontán hasadását *Bohr és Frenkel*.
- jósolta meg az ún. fekete lyuk létezését *Oppenheimer*.

75 évvel ezelőtt, 1914-ben

- mutatta ki a gamma-sugarak diffrakcióját kristályrácsra, bebizonyítva azok elektromágneses hullám voltát, *Rutherford és Andrade*.
- vetette fel az atommagok mesterséges átalakíthatóságának gondolatát, illetve jósolta meg az ún. belső konverziót *Rutherford*.
- mutatta ki a béta-spektrum folytonos voltát *Chadwick*.
- hozta nyilvánosságra az általa felfedezett összefüggést egy elem karakterisztikus röntgensugarának frekvenciája és az elem rendszáma között *Moseley*. (A Moseley-féle törvényről igen szemléletes, gyakorlatias előadásban olvashatunk Spolszkij Atomfizika című könyve I. kötetének 37. §-ában.)
- mutatta ki *Debye és Brillouin*, hogy a kristályrács rezgései diffúzan szórják a röntgensugarakat.

100 évvel ezelőtt, 1889-ben

- vizsgálta gázoknak és gőzöknek a hősugarakra vonatkozó abszorpciós spektrumát *Ångström*.
- végezte el a Fresnel-féle tükrökísérletet elektromágneses hullámokkal *Boltzmann*. (A Fresnel-féle tükrökísérlet látható fénnel elvégezve még 1816-ból származik. Leírása például Budó: Kísérleti fizika III. kötet 277. §-ában.)
- végzett foszforeszcenciára vonatkozó vizsgálatokat és ultraibolya sugaras kísérleteket *Lenard*.
- végzett méréseket a Föld sűrűségének megállapítására *Boys*. (A Föld sűrűségének meghatározása ekkoriban sokak feladatául szolgált. Boys előtt érdekes módszert használt *Jolly* 1877-ben, amely módszernek leírása megtalálható például Zerinváry Szilárd: A Föld fizikája című könyvében. Jolly módszerét alkalmazva Poynting, később pedig *Richarz* 1896-ban, aki azonban fokozta a Jolly által alkotott mérleg érzékenységét, helyesebben kiküszöbölte annak egy fogyatékoságát. A Jolly által használt kisegítő ólomgömb, melynek tömege 5775,2 kg, a müncheni múzeumban van.)
- alkotta meg a rugalmasság molekuláris elméletét *Kelvin*.
- alkotta meg a nyomás alatt álló kristályok optikai jelenségeinek elméletét *Pockels*.

- jelent meg *Merev test rögzített pont körüli forgásának feladata* címmel *Kovalevszkaja* dolgozata. Sz. V. Kovalevszkaja a múlt század kiemelkedő tehetségű orosz matematikusa volt. Mint nevéből látható, nő volt. Dolgozata a súlyos, egyetlen rögzített pont körül mozogni képes merev test Euler-egyenleteinek kiintegrálására vonatkozik azon feltételek mellett, hogy a test tehetetlenségi ellipszoidja például forgásellipszoid, továbbá a test súlypontja illeszkedik ennek ekvatoriális síkjára. Ezen az eseten kívül a problémakör más részleteiben is eredményeket ért el, amelyeket mint módszereket róla neveztek el. Munkáját nagyra értékelte Bertrand, Hermite, Jordan és Darboux, akik személyesen ismerték. Kovalevszkaja dolgozatával elnyerte a párizsi akadémia Borden-díját. Golubjov a szóban forgó témáról írt könyvében így vélekedik erről: „Ilyenformán nem Sz. V. Kovalevszkaja írt arról a témáról, amelyet a párizsi akadémia kitűzött, hanem ellenkezőleg, a párizsi akadémia azért tűzte ki ezt a témát, mert felismerte azokat a jelentős tudományos lehetőségeket, amelyek Kovalevszkaja eredményeiből kiviláglottak.” (V. V. Golubjov: *Lekcii po integrirovanyiju uravnyenij dvizsenijija tjazsolovo tvjordovo tela okolo nyepodviznoj tocski*. Moszkva, 1953. Glava VIII. § 5.)

125 évvel ezelőtt, 1864-ben

- alkotta meg hidrosztatikai rugósmérlegét *Jolly*.
- mérte kristályok hőtágulását *Fizeau*.
- fedezte fel és alkalmazta az ún. schlieren-módszert a kísérleti optikában *Toepler*. (A schlieren-módszerről *Levius* Ernő: *Optikai demonstrációs kísérletek* című ELTE-jegyzet 52. oldalán olvashatunk.)

150 évvel ezelőtt, 1839-ben

- alkotta az ezüst voltamétert *Poggendorff*.
- alkotta az árammegszakító kalapácsot *Wagner*.
- találta fel az unipoláris indukciót *Weber*.
- tárta fel az elektrolízis kémiai folyamatait *Daniell*.

175 évvel ezelőtt, 1814-ben

- alkotta meg a rugalmasság első molekuláris elméletét *Poisson*.
- alkotta meg a kristályok interferenciajelenségeinek elméletét *Young*.
- foglalkozott úszó testek egyensúlyi helyzetének konstrukciójával *Dupin*. (Dupin nevét inkább a differenciálgeometriából ismerjük, a Dupin indikatrix révén, ez azonban egyáltalán nem esik messzire attól, hogy az úszó testek egyensúlyi helyzetével foglalkozott, minthogy ott éppen bizonyos egyensúlyi felületek kritikus pontjai lépnek előtérbe. E problémakör mai megoldásaival foglalkozik a katasztrófaelmélet, amelyre vonatkozólag magyar nyelven is jelent meg szakkönyv 1985-ben: *Poston–Stewart: Katasztrófaelmélet és alkalmazásai* – Műszaki K. Ennek 10. pontja a hajók stabilitásával foglalkozik, de az egész tankönyv tele van a fizikatanár számára is hasznos jelenség-elemzésekkel, még abban az esetben is, ha a matematikai elmélyedést mellőzi.)

200 évvel ezelőtt, 1789-ben

- foglalkozott *Ingenhouss* a fémpálcák hővezető képességének összehasonlításával. Az elgondolás eredetileg *Franklintól* származik, ő találta ki, hogy viasszal vonják be a pálcákat, s ahogy a viasz leolvad, az különböző mértékben halad előre a más-más anyagú pálcákon. Ingenhouss a legjobb hővezetőnek találta az ezüstöt, utána következett a réz, arany, ón, vas, acél, platina (Meg kell jegyezni, hogy a viaszos kísérletben tulajdonképpen nem a fém hővezető képessége hanem a hőmérséklet vezető-képessége tűnik ki, amely az előbbiből úgy adódik, hogy azt elosztjuk a tém fajhőjének és sűrűségének szorzatával. A kísérlet eredményei így is csak kvalitatív demonstrációt szolgálhatnak.)

275 évvel ezelőtt, 1714-ben

- készítette a higanyos hőmérőt *Fahrenheit*. A higanyos hőmérő elkészítéséhez egy új, az addigi két alappontot definiáló tényezőtől eltérő átalakulási hőmérsékletet választott ki, a víz forráspontját. Mivel a régi alkoholos hőmérőkhöz alappontként a jég olvadáspontját, illetve az emberi vér hőmérsékletét használta, mégpedig a kettő közötti intervallumot 64 egyenlő részre osztva definiálta a hőmérséklet-különbség egységét, továbbá a zéruspontot a jég olvadáspontja alá helyezte 32 egységre, ezért az emberi vér hőmérséklete Fahrenheit higanyos hőmérőjén 96 fok, és a víz forráspontja pedig 212 fok.

Életrajzi adatok

100 évvel ezelőtt.

- 1889. február 19-én született az angliai Richtownban Ernest *Marsden*. A manchesteri egyetemen tanult, 1911 és 14 között ugyanitt dolgozott, mégpedig Rutherford mellett, 1914-ben Új Zélandba ment a wellingtoni egyetemre. Itt 1922-ig professzor volt. Később a kormány tudományos és ipari kutatási kabinetjében dolgozott. Munkaterülete a radioaktivitás. Geigerrel együtt dolgozták ki az alfa-részek vékony arany- és más fémlemezekben való szóródásának kísérleti berendezését és a kísérlet értékelését. Ez a negyedik osztályos fizikakönyvből is ismert kísérlet vezette Rutherfordot az atom kezdeti modelljéhez. Marsden a londoni királyi társaságnak 1946-tól lett tagja. 1970. november 15-én halt meg.
- 1889. augusztus 1-jén született Wiesbadenben Walter *Gerlach*, német fizikus. 1911-ben végezte el a tübingeni egyetemet. 1916-tól több egyetemen dolgozott, majd 1927-től a müncheni egyetem professzora volt. Több területen dolgozott és jelentek meg publikációi. 1922-ben végezte *Sternnel* együtt neves kísérletét az atom mágneses momentumára vonatkozólag. Pontos méréseket végzett a Stefan–Boltzmann-állandóra, illetve a fény nyomására vonatkozólag. A ferromágnesség terén ért el eredményeket. Gerlach 1979-ben halt meg.

125 évvel ezelőtt.

- 1864. június 25-én született a nyugat-poroszországi Briesenben Walter Friedrich *Nernst* német fizikus és kémikus. Tudományterülete a termodinamika és az alacsony hőmérsékletek fizikája. 1906-ban állította fel a termodinamika III. főtételének nevezett törvényt, amely Plancktól származó megfogalmazásban így hangzik: Az abszolút zérus fokhoz való közeledésnél a kémiaiilag egységes szilárd és cseppfolyós testek entrópiája zérushoz tart. Nernst nevéhez sok eredmény fűződik a fizikai kémia területén, de az úgy nevezett galvanomágneses és termomágneses jelenségek vizsgálatának területén is több effektus viseli nevét. (Ez utóbbiak megtalálhatók például Budó II. 204. §-ban.)
- 1864. január 13-án született Wilhelm *Wien*, német fizikus, a Wien-féle eltolódási törvény névadója. 1911-ben kapott Nobel-díjat. 1928. augusztus 30-án halt meg.

150 évvel ezelőtt.

- 1839. február 11-én született Josiah Willard *Gibbs* amerikai elméleti fizikus. Tudományterülete a kémiai termodinamika, illetve a statisztikus mechanika, amelynek egyik megalapítója volt. A technikai termodinamika számára kidolgozta az entrópia-diagramokat. Megalkotta a fázisszabályt és a termodinamikai potenciálok módszerét. A kapilláris elméletét is kidolgozta. A statisztikus mechanikába átvitte termodinamikai függvényeit, és értelmezte őket atomisztikus alapon is. Kidolgozta ezen függvények fluktuációjának általános elméletét. Nevét több módszer viseli: Például a kanonikus, mikrokanonikus és nagykanonikus Gibbs-eloszlás, adszorpciós Gibbs-egyenlet, a

Gibbs–Duhem-egyenlet. A vektorszámítás modern formájának is megalapítója. Nevéhez fűződik még az ún. Gibbs-féle paradoxon is: Képzeljünk el kétféle típusú molekulából álló gázkeveréket. A molekulákat fehér és piros golyók képviselik. Ha a keveredés állandó nyomáson és hőmérsékleten megy végbe, akkor kiszámíthatjuk az entrópia-növekedést, amelynek nagysága a következő:

$$\Delta S_{\text{kev}} = k \cdot \left(N_f \cdot \ln \frac{N_f + N_p}{N_f} + N_p \cdot \ln \frac{N_f + N_p}{N_p} \right),$$

ahol N_f a fehér golyók száma, N_p pedig a piros golyók száma. Ezt az entrópiaváltozást kiszámíthatjuk a IV. osztályos fizikatan könyv 9. oldalán és 32. oldalán lévő ismeretek segítségével: Az anyaghalmaz valamelyik állapotát megvalósító lehetséges mikroeloszlások számát Y -nal jelöljük. A szóban forgó golyósokaság keveredés előtti mikroel-

oszlásainak száma $Y_{\text{előbb}} = N_f^{N_f} \cdot N_p^{N_p}$, a keveredés után viszont

$Y_{\text{később}} = (N_f + N_p)^{N_f} \cdot (N_f + N_p)^{N_p}$. Az entrópia 32. oldali meghatározása alapján a rendszer előbbi entrópiája:

$$S_{\text{előbb}} = k \cdot \ln N_f^{N_f} \cdot N_p^{N_p}, \text{ a későbbi entrópiája pedig:}$$

$$S_{\text{később}} = k \cdot \ln (N_f + N_p)^{N_f} \cdot (N_f + N_p)^{N_p}. \quad \text{Az entrópiaváltozás:}$$

$\Delta S = k \cdot \ln (N_f + N_p)^{N_f} \cdot (N_f + N_p)^{N_p} - k \cdot \ln (N_f^{N_f} \cdot N_p^{N_p})$. A szorzat logaritmusát összeggő alakítva és összevonva, a fenti eredményt kapjuk. (k a Boltzmann-állandót jelöli.)

Ez az entrópiaváltozás tehát véges érték.

Tegyük fel azonban – mondja Gibbs –, hogy a piros szín folyamatosan a fehér színbe megy át. Kérdés, hogyan viselkedik egy ilyen folyamat során az entrópia. Amikor minden golyó fehér, akkor a keveredésből nem adódhat nullától különböző entrópia-növekedés! Mert ha lenne ilyen növekedés, akkor az entrópia nem *extenzív* mennyiség volna, de ez ellentmondana az entrópia alapvető tulajdonságának. Mindaddig viszont kell lennie nullától eltérő értékű keveredési entrópiánövekedésnek, ameddig a golyók – ha csak egy árnyalattal is – megkülönböztethetők. A paradox viselkedés tehát az volna, hogy amikor a piros golyók teljesen fehérekké válnak, akkor az entrópiánövekedés ugrásszerűen eltűnik, nullává válik.

A paradoxon feloldása az, hogy a golyós példa nem felel meg a természetnek. A valóságos molekulák vagy teljesen azonosak egymással, vagy teljesen különböznek egymástól. A feltételezett folytonos átmenet egyik molekulatípusból egy másikba, nem létezik a természetben. (Gibbs problémájával foglalkozik az Elméleti fizikai példatár 2. kötetében a 14. fejezet 13–15. feladata is.)

Gibbs 1903. április 28-án halt meg.

1839. november 18-án született Schwerinben August Adolf *Kundt* német fizikus. Mint ismeretes, kidolgozta a hang terjedési sebességének mérési módját szilárd testekre és gázokra vonatkozólag. Ezen kívül kutatta a belső súrlódást, a gázok hővezetését, a fény anómális diszperzióját, a folyadékok kettőtörését, a kristályok piezo- és piroelektromos tulajdonságait. Kísérleti fizikai iskola alakult ki körülötte: Tanítványa volt Röntgen, Lebegyev, Eichenwald. 1894. május 21-én halt meg.

175 évvel ezelőtt,

- 1814. május 26-án született Henrik *Geissler* német feltaláló. 1854-ben alapította tudományos műhelyét, amelyben Plückerrel együtt dolgozott. 1855-ben alkotott higanyos légszivattyújával sikerült előállítania a közismert Geissler-csővet, amely gázspektrumok vizsgálatára használható. Kimutatta, hogy a gáz minősége szabja meg a kisülés színét. 1879. január 24-én halt meg.
- 1814. augusztus 13-án született Anders Jonas *Ångström* svéd fizikus, asztronómus. Az uppsalai egyetemen volt professzor, később pedig az uppsalai obszervatóriumban dolgozott. A spektroszkópia egyik megalapítója: Tanulmányozta lángok, elektromos ívfények spektrumát, továbbá a Nap és a bolygók fényének színekét is. A Nap színképét alkotó fényhullámok hullámhosszát nagy pontossággal sikerült mérnie. 1862-ben fedezte fel a hidrogént a Nap színképében. 1869-ben a Nap színképének első megbízható atlaszát adta ki. Foglalkozott még a mágnességgel, fémfizikával is. Tőle kapta nevét a 10^{-10} méter. Ångström 1874. június 21-én halt meg.
- 1814. november 25-én született Julius Robert *Mayer* német fizikus-orvos. Élettörténete, alkotása közismert. Talán azt érdemes megjegyezni, hogy ő mondta ki először, hogy a Nap sugárzás következtében veszít tömegéből. Mayer 1878. március 20-án halt meg.

425 évvel ezelőtt,

- 1564. február 18-án született Pisában Galileo *Galilei*. A pisai egyetemen orvostudományt tanult, de matematikai érdeklődése és tehetsége más irányba terelte: 1589-ben, vagyis éppen 400 évvel ezelőtt nevezték ki a pisai egyetem matematikai tanszékének tanárává. 1642. január 8-án halt meg. Az ő életműve is közismert. A kopernikuszi heliocentrikus világnézet tudós harcosa volt. Talán érdemes megemlíteni két kortársat, akik az ellenkező oldalon állottak, vagyis a geocentrikus szemléletet védelmezték. Egyikük Christian *Longomontanus*, vagyis igazi nevén Longberg, aki szintén 1564-ben született, és túl is élte Galileit, mert 1647-ben halt meg. Longberg Tycho de Brache segéde volt, komolyan képzett csillagász. *Astronomica Danica* című művében elfogadja és felhasználja azt a tényt, hogy a Föld forog tengelye körül, de tagadja azt, hogy a Nap körül keringene. A másik ellenfél Giovanni Battista *Riccoli* volt. Szintén nagy tudású gondolkodó volt. Ő *Almagestum novum* című művében 77 érvet sorakoztatott fel a heliocentrikus elmélet ellen. Ezek közül egy, amely a Föld tengelyforgása ellen szól, teljesen reális, hiszen azt állítja, hogy ha forogna a Föld, akkor a szabadon eső testeknek keletre el kellene témiökök – amit nem tapasztalunk. Mármint az 1600-as években!

Galileivel *Kudrjavcev* fizikátörténete 33 oldalon foglalkozik, kimerítő részletességgel idézve perirataiból. Talán nem lesz érdektelen az a néhány sor, amely a következőkben Galileitől egészen napjainkig vezet el bennünket az emberi gyengeségek útján. *Kudrjavcev* így ír a Galileiről szóló fejezet végén arról, hogy milyen lelkiállapotban volt a nagy tudós a megtagadó eskü letétele után: „Könnyen elképzelhetjük Galilei lelkiállapotát, midőn e szégyenletes szavakat kimondta azon emberek előtt, akiknek véres hordája együttvéve sem ér fel a nagy tudós egyetlen hajszálával sem. Csodálatra kész tetet Galilei hatalmas lelkiereje és céltudatossága, hogy hajlott korában, megrendült egészségi állapotában, még ily sok fizikai és erkölcsi megrázkódtatás után is folytatja nagy ügyét, egészen élete utolsó napjáig.”

Nem lehet másnak, mint a sors fintorának nevezni, hogy *Kudrjavcev* ezek után a sorai után éppen *Sztálintól* idézi a következő mondatokat: „A tudomány, fejlődése során, nem kevés bátor embert tud felmutatni, akik megtörték a régi hatalmát, és megal-

kották az újat, minden akadályt legyőzve, mindenek ellenére. A tudomány férfainak, mint Galileinek, Darwinnak és sok másnak nevét mindenki ismeri.” (Sztálin) Kudrjavcev még megtoldja szomorú kötelességét, így folytatva: „E pompás szavak kimerítően jellemzik Galilei bátor harcát . . .”

Tudnunk kell, hogy Kudrjavcev könyve 1948-ban jelent meg . . .

Hogy a lánc folytatódjék napjaink irányába, hadd említsem meg, hogy Kudrjavcev könyve magyar nyelvű változatának előszavában, 1951-ben (!) Szamosi Géza is kénytelen volt még így méltatni a könyvet: „Megtanuljuk e könyvből, hogy a tudomány története egyben azoknak a harcoknak is története, melyeket a tudomány legjobbjai vívtak a minden rendű és rangú reakcióval szemben. Ha elolvassuk például a Galileiről szóló gyönyörű fejezetet, nemcsak az akkori inkvizíció aljasságára és ostobaságára döbbenünk rá, hanem arra is, hogy a mai inkvizíció, mely az imperialista államokban eltiltja például a *biológia igazi törvényeinek* tanítását, és üldözi a haladó tudósokat, cseppet sem különb a réginél.”

A *biológia igazi törvényei* 1951-ben mifelénk . . .!?!

Nem lehet nem felidézni a MTI 1987. augusztus 6-i moszkvai híradását, mely Alexander Nyikonovnak, a szovjet mezőgazdasági tudományos akadémia elnökének kijelentéseit közli így: A szovjet mezőgazdász emlékeztetett arra, hogy az agrártudományok művelőit a Szovjetunióban mindig is nagyon sok, jórészt megalapozatlan bírálat érte. Kitért arra, hogy Vavilov elmélete például a maga idejében egyáltalán nem illeszkedett bele az akkor hivatalos politikába, ám *Liszenko* és követői annál inkább alkalmazkodtak ahhoz – hatalmas károkat okozva a tudománynak és az országnak. Nyikonov akadémikus megerősítette, hogy a Szovjetunió Legfelsőbb Bírósága júliusban 15 agrárközgazdász *tudóst* rehabilitált, akik még *a sztálini időkben veszítették életüket.*”

Felhívás !

Felhívjuk valamennyi szakközépiskola (egészségügyi szakközépiskolák is) figyelmét, ahol az 1988–89-es tanevben a tanulók fizikából érettségiznek hogy ott az írásbeli érettségi feladatokat a SZAKKÖZÉPISKOLAI ÖSSZEFOGLALÓ FELADATGYŰJTEMÉNY FIZIKA című példatárból tűzzük ki.

Kérjük, hogy az iskolák az érettségiző tanulók részére a könyvek beszerzéséről megfelelő példányszámban gondoskodjanak.

Nehéz fogalmak megközelítése a 7. osztályos párhuzamos fizikatankönyvben

1988 szeptemberétől azok a kollégák, akik ezt választották, már a párhuzamos tankönyvből (szerzői: Csákány Antalné, Károlyházy Frigyes, Sebestyén Zoltán) tanítják a 7. osztályos fizikát. A könyvről „A Fizika Tanítása” lapjain is napvilágot látott már egy rövid beszámoló. Remélhetőleg az alábbi „poszt fesztá” ismertetés mégsem lesz felesleges. Először is, 1989 őszére a 8. osztályos párhuzamos tankönyv is megjelenik (bemutatására egy következő cikkben sor kerül), nem árt a tananyagnak a három évre terjedő ívét együttesen szemlélni. Másodsor, az elkövetkező években sok iskolában a 7. és 8. tanév második felében lecsökken a fizikaórák száma: az alábbiakban arra is teszek majd utalást, hogy hogyan lehet ilyen körülmények között csökkenteni a fizikatanítás szétesésének a veszélyét. Harmadszor, úgy érzem, hogy mindabban, amit a nehéz fogalmak megközelítésével – tulajdonképpen általában a fizikatanítással – kapcsolatban el szeretnék mondani, esetleg azok a kartársak is találnának használhatót, akik nem óhajtanak „szívet, hazát vagy tankönyvet” cserélni, sőt – uram bocsá! – talán még olyanok is, akik középiskolában tanítanak fizikát.

1. A sorrend és indoklása

A 7. osztályos tananyagban az elektromos feszültség fogalma az igazi „mumus”. Ezért ebben a – szükségképpen rövid – cikkben a hangsúlyt kifejezetten annak a bemutatására helyezzük, hogy a párhuzamos 7-es könyv hogyan jut el a feszültség fogalmához. Mivel azonban a párhuzamos könyv nem kezdődik, hanem végződik az elektromossággal, helyénvaló néhány szó a tananyagrészek sorrendjéről.

Könyvünkben a sorrend:

I. Egyszerű gépek, II. Egyensúly folyadékokban és gázokban, III. Elektromosság.

Ez a sorrend nem „önkényes”, hanem a 6. o. párhuzamos könyv felépítéséből természetesen folyik. A párhuzamos 6. o. könyvben ugyanis előbb szerepelnek a „Hőtan” címszó alá foglalható jelenségek, s csak utána, a könyv második felében kerül sor a „Mechanikára” („A testek mozgása” főcím alatt). A tanév a *munka* fogalmának bevezetésével végződik, kézenfekvő és sok szempontból előnyös tehát, hogy szeptemberben a 7-es anyag a munkavégzés könnyebbé tételének a módzataival, vagyis az egyszerű gépekkel kezdődjék.

Engedtetsek meg egy pár szóval emlékeztetni arra, hogy a 6-os könyvünk miért nem a mechanikai jelenségekkel indul. Ezt a választást ugyanis *pontosan az az alapelv* „kényszerítette” a szerzőkre, amely tapasztalatom és meggyőződéseim szerint általában a nehéz fogalmak, összefüggések sikeres megközelítésének, maradandó élménnyé tételének a kulcsa. Röviden (még visszatérünk rá) az elv: A megtanítandó fogalmat, összefüggést egy olyan jelenség (kísérlet) bemutatásával és szavakba foglalásával kell kezdeni, amely egyidejűleg két kíváncsi embernek tesz eleget.

a) Mind a látvány, mind a hozzáfűzött szöveg *olyan egyszerű* legyen – még azon az áron is, hogy először *feláldozzuk* ha kell, a *teljességet*, és *lemondunk* arról, hogy a félreértést *kizárjuk* – hogy „ne lehessen nem befogadni”, hanem eleven benyomást keltsen, mielőtt még a gyerekek *akaratlanul is csapongó képzeletének*, ki-kihagyó figyelmének, szeszélyes képzettársításának módja lenne a „szálakat összekeverni”, az élmény elől kitérni.

b) Az, amit ugyan az egyszerű jelenség és szöveg nem mutat meg vagy nem mond ki *expliciten*, de *sugall*, a *helyes irányba* mutasson.

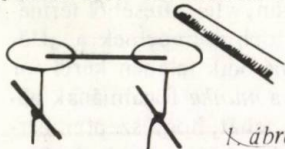
Az egyszer *ténylegesen befogadott* ilyen alapjelenség és az a *hallgatólagos továbbgondolás*, amire *buzdítja* a gyereket, óvatos és türelmes tanári segédlettel előbb-utóbb elvezet az adott körülmények között optimális megértéshez.

Mármost a 6. osztályban az *energia* fogalma a legelvontabb, legnehezebb, ráadásul ennek a fogalomnak az alkalmazásai az egész anyagot átszövik. A nehézség leglényegesebb gyökere a *megmaradás tétele*: értelmetlenség lenne az energiáról beszélni, ha nem lenne igaz, hogy (két test kölcsönhatása esetén) *amennyivel* az egyik test energiája csökken, *annyival* nő a másik test energiája. *Olyan kísérlet pedig*, amely *egyszerű*, mentes az áttekinthetetlen képzettársításoktól és *valóban* sugallja a *menyiségi megmaradás* tényét, egyetlenegy van a 6. osztályos szinten: a forró vizes pohár belehelyezése a hideg vizet tartalmazó edénybe. Ezért kezdődik a párhuzamos 6.-os könyv a hőjelenségekkel.

Az „Egyszerű gépek” után II. részként a „nyomás témaköre” kínálkozik. Az így előálló sorrend azért is megnyugtatónak tűnik, mert hiszen a *nyomás* fogalma (erő per felület) sokkal elvontabb és nehezebben megragadható (gondoljunk csak a folyadékban minden irányban ható nyomásra), mint az erő vagy akár az (erő/x/kar) fogalma. Így lesz III. részzé az „Elektromosság”. (A 8.-os könyv viszont majd az „Elektromosság”-gal kezdődik.) Ez összhangban van azzal, hogy a 7.-es anyagban ez a legnehezebb rész, és azzal is, hogy nem árt, ha a *feszültséggel* való találkozás előtt a gyerekek alaposan megbarátkoznak a *munka fogalmával*. (Esetleges aggályok eloszlatására: az a kevés, amit a 7. o. kémia igényel az elektromos töltés mibenlétével kapcsolatban, már a 6. o. fizikaanyagban is benne van.)

2. Az elektrosztatika és az elektromos áram egységbe foglalása

Miért olyan notóriusan nehéz „a feszültséget megtanítani”? Ennek a háttérében egy általánosabb nehézség áll: a 12 éves gyerekek számára nem könnyű a *sztatika* és az *áramok* két témakörét hatásosan *összekötni*. Külön a sztatikában viszonylag könnyen válik érzékletessé „a töltés és vidéke” – elforduló rúd, szétágazó elektroszkóp, ágaskodó haj – mindaz, amire a *töltés*, *erő*, *mező* szavak utalnak. És *külön* tekintve az elektromos áram is érzékletessé tehető: világít vagy nem világít az izzószál, bugyborékol vagy nem az oldat stb. Általában azonban *hiányzik az elektrosztatikából a tartós áramhoz* átvethető szemléletes láncszem. Röviden:



1. ábra

a) A sztatikában: „látszik” (az erőhatásokon keresztül) a töltés, de *nem* vagy alig látszik a töltés mozgása, például a szokásos megosztási kísérletben (1. ábra) nem érzékelhető, hogy az összekötő pálcában csakugyan történik valami.

b) A tartós áram esetében: „látszik a mozgás” („látszik, hogy folyik az áram”, hiszen izzik a szál), de *nem látszik a töltés* (nem ágaskodik a hajunk, ha megfogunk egy zsebletepet stb. Felnőtt számára persze világos az ok: a zsebletepec vagy akár a hálózat feszültsége túl kicsi a sztatikai kísérletekben fellépő néhány ezer voltos feszültségekhez képest).

Az érzékletesség és a vele járó biztonságérzet szempontjából tehát így fest eddig a „könnvvelésünk”:

	Töltés, mező	Mozgás
Sztatika	+	0
Tartós áram	0	+

Mi a teendő? El kell érni, hogy a lyukak helyére is „pozitív téglák” kerüljenek.

a) A sztatikában *érzékletessé* kell tenni – az elektromos megosztással és kiegyenlítő-déssel kapcsolatban – a töltés mozgását.

b) A tartós áramokkal kapcsolatban pedig azt kell érzéketessé tenni, hogy az áramforrás, például a zseblep *igenis töltést halmoz fel* a pólusain, ezek kiegyenlítődése indul meg, amikor a két pólust vezetővel összekötjük.

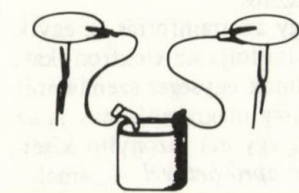
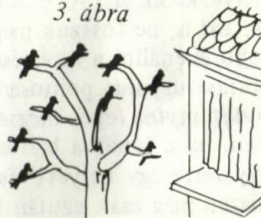
Az a) feladat megoldását szolgálja könyvünkben a 2. ábrából kiolvasható kísérlet. A megosztás jelenségének vizsgálata során a két elektroszkópot összekötő pálcába vagy huzalba beiktatunk egy ködfénylámát. Ha az alaposan megelektromozott műanyag rudat közelítjük vagy távolítjuk, tehát *mialatt az elektroszkópok szétágaznak vagy összecuszkodnak*, felvillan a ködfénylámpa. („Csak felnőtteknek”: A felvillantáshoz „viszonylag nagy” feszültség kell, de az bőven rendelkezésre áll a sztatikában. A ködfénylámpa éppen abban nagymester, hogy a rendkívül gyenge, rövid ideig tartó áramot láthatóvá teszi. A jelenség csak sötétben látszik, a kellő sötétséget azonban – egyéni megfigyelések számára – akár egy fekete karton papírból csőbe hajtott „nézőke” is biztosíthatja.) Szerepel a könyvben – az elektronok elmozdulásának érzékeltetésére – egy „rajzban elmesélt gondolkísérlet” is (3. ábra amely tanulságos és olyankor is sikerül, amikor párás a levegő.



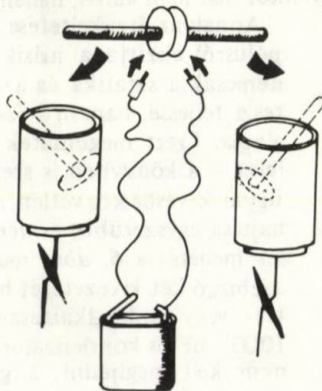
2. ábra

A b) feladat első pillanatra reménytelennek látszik. Ha egy zseblep két sarkát két elektroszkóppal kötjük össze (4. ábra), a mutatók meg sem mocsanak. Ha azonban a telep pólusait két szorosan egymás mellé tett (de azért nem érintkező) fém tárcsához érintjük (ezt segítő társ végezze), majd a fém tárcsákra került töltést (a tárcsákat szigetelő nyél segítségével mozgatva) egy-egy az elektroszkópokra helyezett fém dobozba „ürítjük”, és ezt a (pár másodpercig tartó) műveletet kb. egytucatszor megismételjük, akkor az elektroszkópok *igenis szétágaznak*, a gyerekek nagy gaudiumára. (Tárcsánként két elektroszkóptárcsát is használhatunk, de a csavar ne álljon ki belőlük. A szoros egymás mellé helyezés érdekében célszerű

3. ábra



4. ábra



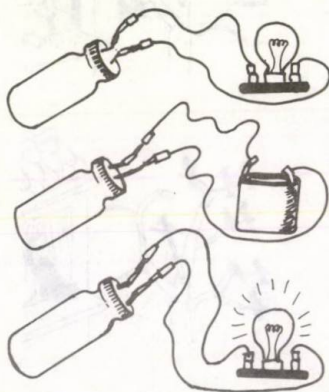
5. ábra

a két tárcsa egymás felé fordított oldalát például ún. „papirkarakterű” – zörgő, áttetsző – műanyaggal bevonni és a két tárcsát egymáshoz nyomni. Természetesen vigyáznunk kell, hogy a kísérlet közben kézzel egy pillanatra se érnünk hozzá a dobozokhoz.)

A hatás gyorsabb és biztosabb, ha nem egyetlen, hanem például négy sorba kapcsolt zsebtelepet használunk.

Az elektroszkópok lassan beinduló, fokozatos szétágazása „*ellenállhatatlanul bekormányozza*” a gyerekek fejébe azt a tényt, hogy az áramforrás nem más, mint egy töltésszivattyú: az egyik kivezetéséről *elszívja*, a másikra „*kipréseli*” az elektronokat.

Legyen szabad itt utalnom röviden az 1. pontban a szuggesztív kísérletekről mondtakra. A tanítási tapasztalatok szerint ez a kísérlet nagyon hatásos (hacsak nem túlságosan nedves a levegő), annak ellenére, *sőt éppen azért, mert egy sor fontos részletre nem hívjuk fel a figyelmet. Kizárólag áltana, ha a kísérlet bemutatása közben* (vagy közvetlenül utána) *külön kitérnénk* annak a fontosságára, hogy a két tárcsa közel legyen egymáshoz abban a pillanatban, amikor a telep két pólusától jövő két vezetékek hozzájuk érünk, vagy azt kezdenénk firtatni, hogy az egymást követő „töltéskanalazások” során miért megy mindig át a konzervdoboz belsejéhez (!) érintett tárcsáról a töltés az elektroszkópra. („Magában” persze érti a tanár: minél közelebb van egymáshoz a felöltés pillanatában a két tárcsa, annál több töltés kerül rájuk egyetlen menetben. Az egyik „kondenzátorlemezen” összegyűlő, mondjuk pozitív töltés *taszító*, a további felöltődést *akadályozó* hatását ugyanis nagymértékben ellensúlyozza a másik kondenzátorlemezre jutó negatív töltés *vonzó* hatása, és viszont. A tanár azt is tudja, hogy a konzervdoboz ún. „Faraday-kalitka”: a töltés, akármilyen sok is, a külső felület mentén helyezkedik el.) Az érdeklődő arcokat látva bizony nagy a kísértés: „mondjuk el még ezt is, ezt is, ne fosszuk meg tőle az okosabbját, hiszen karnyújtásnyira van az egész!” De jobb ellenállni a kísértésnek: a *tartósan fennmaradó*, mindenkiben kiváltható érdeklődés forrása ugyanis pontosan az *egyszerű jelenségeknek* a sugalmazása, „kisugárzása” a *karnyújtásnyira levő, mégsem kimondott* folyományokra, implikációkra. Ezzel összhangban, ha a tanár a biztosabb, gyorsabb eredmény érdekében „négy zsebtelepet használ egyszerre egy helyett” (sorba kötve, de az utóbbi körülmény annál inkább „mellékes”, hiszen még csak ezután fogunk az áramkör részeivel megismerkedni), akkor ezt a tényt sem eltitkolni, sem részletekbe menően firtatni *nem kell*. („Négyet használunk, mert így nagyobb lesz a hatás” – ennyi bőven elég *egyelőre*.) Természetesen, ha az „egyszerűen tált” jelenség „üzenete” (hogy kellemetlen, nagyképű, de itt kivételesen helyénvaló szóval éljünk) már rögzült, a gyerek sajátjává vált, akkor nyugodtan tehetünk bármilyen megjegyzést, kiegészítést, utalhatunk meglepő kapcsolatokra, izgalmas következményekre stb. A „mesélés” ilyenkor már nem káros, hanem hasznos.



Annak az érzékeltetése, hogy az áramforrás az egyik pólusról *elszívja*, a másikra *kisajtolja* az elektronokat, nemcsak a sztatika és az áramok egységes szemléletét teszi teljessé, hanem a feszültség megragadásának is az alapja. Ezért megemlítek még egy ezt bizonyító kísérletet – a könyvben is szerepel *apró betűvel* –, amely ugyan kevésbé közvetlen, mint az előző, viszont a végrehajtása egyszerűbb, és *nem tud nem sikerülni*. A kísérlet menetét a 6. ábra mutatja. Egy foglalatba csavart zsebizzó két kivezetését hozzáértintjük egy az ezermester- vagy rádióalkatrész-boltokban kapható, például 1000 μF -os kondenzátor két kivezetéséhez. (A névtől nem kell megijedni, a gyerekeknek megmondhatjuk azt, hogy ebbe a kis valamibe két, vezető anyag-

6. ábra

ból készült „lepedő” van fásliszerűen belegöngyölve, úgy, hogy szigetelő választja el őket.) Az izzó természetesen nem világít. Ezután vegyük el az izzót, és kössük egy pár másodpercig egy zsebtelep két pólusát a kondenzátor kivezetéseihez! (A kondenzátor + kivezetését a telep + pólusához, a negatívot a negatívhoz!) Ezután a telepet vegyük el, és megint az izzón keresztül kössük össze a kondenzátor két „lemezt”! Az izzó (nappali fényben is jól látható módon) felvillan. A jelenség – ezt a gyerekek is meg tudják fogalmazni! – annak a nem sokkal korábban megismert jelenségnek a megfelelője, amikor két ellentétesen feltöltött elektroszkóp töltése ködfénylámpán keresztül kiegyenlítődik. Csakhogy itt a zsebtelep szivattyúzta át az elektronokat a kondenzátor egyik lemezéről a másikra!

Hogyan szolgáltat alapot az áramforrásról mint elektronszivattyúról kialakított kép a feszültség fogalmának bevezetéséhez? Az elhasznált, régi zsebtelep áramkörében gyengébben világít az izzó, mint mikor új a telep. Kézenfekvő gondolat (és a „kanalazó” vagy kondenzátoros kísérlettel igazolni is könnyű): az új telep *erőteljesebb szivattyú*, mint a régi, *nagyobb mértékű töltésfelhalmozódást tud létrehozni a pólusain*. Ha a két pólust összekötjük, *hevesebben indul meg a töltéskiegyenlítődés*. A töltésfelhalmozódás vagy a vele járó kiegyenlítődési törekvés *kisebb vagy nagyobb voltának a jellemzésére szolgáló mennyiség a feszültség*.

A szabatos definíció annak a munkának a nagyságára támaszkodik, amelyet a *pólusokon felhalmozódó töltések* elektromos ereje végez, miközben összesen 1C töltésű elektron áthajt a vizsgált két pont között. De egyrészt ez sem hat riasztónak, hiszen nagyjából világos, hogy minél több a pólusokon felhalmozódott töltés, annál nagyobb munkát végeznek a vezetékben haladó elektronokon, másrészt valójában *sehol sem lesz* (mint látni fogjuk a 8. osztályos anyagban sem) *igazán szükség* az 1V pontos meghatározására a továbbiakban. (Annál inkább szükséges viszont „érezni”, hogy *körülbelül* mi a feszültség, megismerkedni a mérésével, az Ohm-törvényben megnyilvánuló szerepével stb.)

A fentiekben arra összpontosítottam, hogy milyen pilléreken át jut el a könyv a feszültség fogalmához. A könyvben természetesen ez a fogalom *nem* közvetlenül az *áramforrással* való megismerkedés után következik. Megelőzik „Az áramkör és részei”, a „Vezetők és szigetelők az áramkörben”, „Egyszerű és elágazó áramkörök”, „Az áram hatásai”, „Az áramerősség”, „Áramot mérünk” fejezetek. A számos további észrevétel közül, amelyet az „Elektromosság” című rész feldolgozáshoz fűzhetnénk, csupán néhányat említ. A gyerekeknek csak akkor kell árammérő *műszert* a kezükbe venni, amikor már az áramkörök tulajdonságaival, fajtáival, összeállításával, az áram hatásaival alaposan és „idegesség” (a műszer tönkretételétől való félelem) nélkül megismerkedtek. Ezzel azonban elsősorban nem a műszert, hanem a gyereket akarjuk védeni! Azt kívánjuk elérni, hogy amikor az egyes megtanulnivalók sorra kerülnek, a gyereknek mindig csak a jelenség egyszerű, *szembeszökő* részére kelljen *tudatosan* odafigyelnie, hiszen, mint az 1. pontban kifejtettük, a „tanulás megkötésének” ez a biztos módja. Amikor például a gyerek azzal az alapvető ténnyel ismerkedik, hogy „tartós áram csak zárt áramkörben folyhat”, az áramról elég annyit éreznie, hogy az a töltés vándorlása a vezetékben; inkább előny, mint hátrány, ha *nem áll fenn* az a veszély, hogy az áramerősség szabatos, de viszonylag elvont definíciója az egyszerű kísérlet és a gyerek érdeklődő figyelme közé tolakszik. Hasonlóképpen az hogy *a szigetet körülölelő folyó* mintájára az áramkörben is lehetnek *elágazások*, az áramkör fogalmához kapcsolódó, önmagában is fontos és *érdekes* tény, akkor is, ha nem terheljük meg *azonnal* a soros és párhuzamos kapcsolás áramviszonyainak a *kvantitatív* s ennél fogva amperdefiníciót és műszerhasználatok (mérészhár, beállítás stb.) igénylő firtatásával. Az áramerősség definícióját még

„Az áram hatásai” c. fejezet is megelőzi, hogy mire a definícióra sor kerül, a gyerekekben már éljen hallgatólágosan az a felismerés, hogy az áram erőssége, az áram hatásán keresztül megítélve, lehet kisebb vagy nagyobb.

3. Két észrevétel az egyszerű gépek és a nyomás témakörével kapcsolatban

Ezekre az anyagrészekre vonatkozólag csak egy-egy megjegyzést teszünk, hogy ez a beszámoló ne nyúlják túl hosszúra. Célunk csupán az, hogy az egyszerű, szuggesztív kísérletekről mondottakat két további példával alátámasszuk.

a) Az „Egyszerű gépek” c. részt – az „Emlékeztetés” után – a *lejtővel* kezdjük. Ha ugyanis ezt a témakört a „Hogyan lehet a munkavégzést megkönnyíteni?” kérdés köré csoportosítjuk, akkor a lejtő *fogalmilag egyszerűbb*, mint az emelő. A lejtő esetében világos, hogy „én végzem a munkát”, míg az emelő esetében „egyrészt én végzek munkát az erőkart lenyomva, másrészt a teherkar végez munkát, miközben a terhet felemeli”. A lejtővel szemben azért szokás egy kicsit bizalmatlannak lenni, mert „a sín a „cos α bonyolult dolog”. Pedig a gyerek számára nem bonyolult a sín α – ha nem beszélünk róla! A forgómozgás *dinamikájára* való kacsintgatás viszont – amire az emelő csábíthatja a tanárt – valóban távol esik „a munkavégzés megkönnyítése” gondolatkörtől.

b) A *hidrosztatikai nyomás* minden irányban hat – amilyen megszokott ez a tanár szemében, annyira zavarba ejtő némelyik gyerek számára.

Nos, hogy lefele csakugyan hat ilyen nyomás, azt a folyadékkal töltött, alul gumihártyával lezárt üvegcső azonnal mutatja: a gumihártya lefelé kidomborodik. Ez jó kísérlet, de még nem túlságosan szuggesztív: súlya minden testnek van. Ezért is *meglepő* a gyerek számára, hogy a felülről vízbe bocsátott üveghengerhez az alulról ráhelyezett lapocskát a víz odaszorítja, nem engedi leesni: *felfelé* nyomja. Ez az a pillanat, amikor az elvont magyarázkodásnál többet ér *kísérlettel megmutatni*, hogy a hidrosztatikai nyomás *oldalirányban* is hat. A „két furcsaság” *egymást támogatja*: könnyebb „befogadni” azt, hogy „*minden irányban hat*”, mint azt, hogy „*felfelé is hat*” a hidrosztatikai nyomás. Ha azonban az oldalnyomást valamilyen edény *oldalsó lyukain kifolyó víz* segítségével akarjuk demonstrálni, akkor gyengül az összhang, a kísérlet sor szuggesztivitása. Megoldás: *az előbb használt üveghengert úgy kell víz alá meríteni, hogy egyik nyílása, amelyikre a lapocskát helyezzük, oldalirányba nézzen*. „De hiszen akkor a másik oldalon befolyik a víz!” Igen? Akkor a másik oldalt el kell zárni! Magyarul: *Egy poharat kell a víz alá nyomni úgy, hogy a szája, amelyre előzőleg egy műanyag lapot szorítottunk, oldalirányba nézzen*. A víz alatt nem esik le a lap akkor sem, ha elengedjük, ok: az oldalnyomás.

4. Egymást magyarázó kísérletek

Hadd iktassam ide a legutoljára említett, szerény példa kapcsán a bevezetőben ígért utalást arra, hogy mi a teendő, ha a lecsökkent óraszám miatt a fizikatanár úgy érzi: „összecsapnak a feje felett a hullámok”, a széteső órákon átadni próbált anyag a gyerek fejében is szétesik.

A védekezés nem az *erőltetett tempójú szóbeli magyarázkodás*, hanem inkább ellenkezőleg, a fokozott ügyelés arra, hogy *ne vegyük el* túl igényes magyarázatokkal a *kísérletek szuggesztivitását*. A kommentálás, interpretálás során *szorítkozunk a szembezőkőre*, s inkább arra adjunk minél több alkalmat, hogy az „egy alomba tartozó” jelenségek – hallgatólágosan – segítsenek egymást megmagyarázni.

A 8. osztályos párhuzamos fizikatankönyv rövid ismertetése

1989 őszétől a Tankönyvkiadó által megjelentetett alakban is rendelkezésre áll a 8. osztályos párhuzamos fizikakönyv (szerzői: Csákány Antalné, Károlyházy Frigyes, Muraközi Gáborné, Sebestyén Zoltán) azoknak a kartársaknak, akik abból ohajtanak tanítani.

Természetesen ez az ismertetés nem törekszik teljességre, beérjük a könyv fő vonásainak felvázolásával, valamint annak a megmutatásával, hogy hogyan igyekeztünk néhány nehéz gondolkört „meghódítani”.

1. Sorrend

A 7. osztályos párhuzamos tankönyv az elektromosságtannal, közelebbről az Ohm-törvény témakörével végződik. Kézenfekvő tehát, hogy a 8.-os könyv az elektromossággal kezdődjék, közelebbről az ohmikus ellenálláshoz különösen könnyen simuló, „elektromos munka és teljesítmény” témakörrel. Így a második rész lesz a „mechanika” s a harmadik rész a fénytán. (Felmerülhet, hogy ilyen módon időben eltávolodik egymástól a 7. osztályban és a 8. osztályban tanított mechanika, a helyzet azonban az, hogy az „egyensúly” és a „dinamika” fogalomköre mindenképpen viszonylag idegen egymástól, egymás mellé helyezésük nem jelentene különösebb előnyt.

2. A dinamika alapjai

Mindegyik tanév anyagában van egy fő „kemény dió”. A 6. osztályban az *energia*, a 7. osztályban a *feszültség*, a 8.-ban a *dinamika alapjai*. Most tehát az utóbbival kezdjük az áttekintésünket.

Felnőttben, gyerekekben (sőt még a fejlettebb emlős állatokban is) egyaránt él a tapasztalatoknak, képzeteknek egy olyan „masszája”, amelynek alapján tudjuk, érezzük, hogy a

mozgás, erő, tömeg

fogalomhármás valamiképpen összetartozik. Ez a „tudás” szemléletes, hiszen a tapasztalathól táplálkozik, viszont tele van ellentmondásokkal. Akárki megmondhatja, hogy (pl. úszás közben)

„kis erővel kis sebességet, nagy erővel nagy sebességet lehet fenntartani”.

Az ősemlős szívesen tanúsítaná, hogy (a zsákmány elejtése után)

„a nagy tömegű mammutot nagy erővel, a kis tömegű gazellát kis erővel lehet a barlang felé vonszolni”.

vagy hogy

„egy kis kavicsot kis erővel, egy nagy követ nagy erővel lehet mozgásba hozni, elhajítani”.

Pedig hát itt mindenütt „hiba van a kréta körül”, a dinamika alapjai szempontjából. Az első két példában nem lenne szabad elfeledkezni a közegellenállásról, illetve a súrlódásról (amely utóbbi „álnok módon” csak azért függ a tömegtől, mert a nagyobb tömegű testnek a súlya is nagyobb, jobban a földhöz szorul). Ami a harmadik példát illeti: ha *csak egy erő* hat, akkor az akármit is kicsi lehet, mégis nagy sebességre gyorsíthatja a nagy tömegű testet is, csak idő kell hozzá.

A dolgok mélyén természetesen az a körülmény rejlik, hogy *nem három, hanem négy mennyiség* áll egymással szoros kapcsolatban. Ezek (a szokásos jelöléssel):

$$t \quad v$$

$$F \quad m$$

A köztük fennálló összefüggés *a maga teljességében* elérhetetlen a gyerekek számára. Az az egyenlet, amelyet általában

$$F = \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

alakban szoktunk használni (I a lendület), nem kevesebb, mint hét ekvivalens alakban írható fel, ez önmagában is tükrözi a „helyzet” komplexitását. De hiába próbálnánk le-táborozni egyetlen (a „szokásos”) alak mellett: elvont fogalom elvont szerepben, ez sok a gyerekeknek.

Mi a kiút? Válasz: a „négyfejű sárkánnyal” két lépésben kell megbarátkozni

$$\begin{array}{c} | \\ \text{---} t \text{---} v \text{---} \\ | \\ F \quad m \\ | \end{array}$$

A) Egyszer a (t, v) párra kell koncentrálni

(és a kapcsolatot F -fel, m -mel félig kvalitatív, érzéketlen szinten tartani)

B) Egyszer a (v, m) párra kell koncentrálni

(és $[t, F]$ -fel a kapcsolatot kvalitatív, érzéketlen szinten tartani).

Más szavakkal: egyrészt a „kinematika alapjaiban” (sebesség, pillanatnyi sebesség, egyenletesen változó mozgás) kell biztonságérzetet adni a gyerekeknek (s utána az erő, tömeg szerepét kvalitatívan érzékeltetni),

másrészt a lendület mibenlétét kell érzéketlensé tenni.

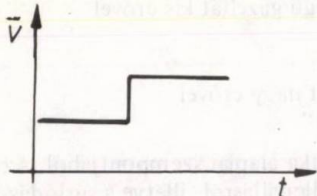
Még ez a visszafogott program is nagy akadályokba ütközik.

Ad A) A kinematikában végül is a *gyorsulás* az a fogalom, amelyet, ha impliciten is, meg kell közelítenünk. A tv-ben végignézhető autósversenyek világában a gyorsulás többé-kevésbé *szemléletes* fogalom a gyerek számára, a *matematikai leírása* azonban igen súlyos probléma. Ha feljegyezzük, például egy lejtőn leguruló golyónak az x_1, x_2, x_3 helykoordinátáját a t_1, t_2, t_3 pillanatokban, akkor ezekből „képezhetjük” (két kivonás, egy osztás, majd ismét két kivonás egy osztás segítségével) a

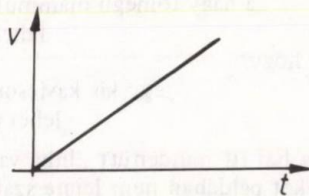
$$\bar{v}_1 = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \quad \text{és} \quad \bar{v}_2 = \frac{x_3 - x_2}{t_3 - t_2}$$

mennyiségeket, vagyis kiszámíthatjuk az átlagsebességet a mozgás első és második felére vonatkozólag. De amit kapunk, az némileg szimbolikusan, grafikusan ábrázolva így fest (1. ábra):

Holott, amire „szükségünk lenne”, az ez (2. ábra):



1. ábra



2. ábra

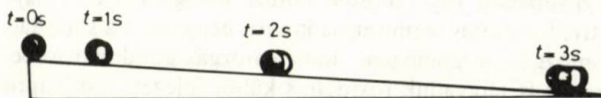
Ad B) A lendület *matematikai leírása* egyszerű, ha – helyesen – a *változását* csak ütköztetésekben vizsgáljuk *kvantitatíven*. Egy test lendülete $I = mv$, ez egyetlen értéket jelent az ütközés előtti és egyetlen – megváltozott – értéket az ütközés után. Az 1. ábra, lendületre vonatkoztatva, ilyenkor a valóságot tükrözi. A lendületnek mint fizikai mennyiségnek a *szemléletes* tartalmával azonban „*baj van*”, annak ellenére, hogy maga a lendület szó igazán szuggesztív.

A baj az, hogy sem a kvalitatív, sem a kvantitatív jellemzők alapján nem lehet igazán érezni, hogy a lendület miért nem ugyanaz, mint a mozgási energia. (Kvalitatíven: mindkét mennyiség annál nagyobb, minél nagyobb a tömeg és minél nagyobb a sebesség. Általános kvantitatív összehasonlítást pedig azért nem tehetünk, mert a mozgási energia „képlete” – elvontsága miatt – nem szerepel a kötelező tananyagban.) A „könyvelés” tehát most így fest:

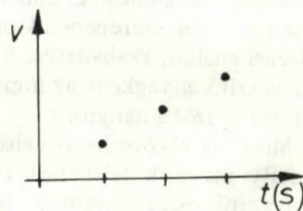
	gyorsulás	lendület
szemléletesség	+	?
matematikai kezelhetőség	?	+

A párhuzamos könyvben, úgy érezzük, sikerült megoldani, hogy a kérdőjelek helyére is + jel kerüljön.

1. A folytonosan változó sebesség érzékletes és mégis kvantitatív nyomon követését egy „csalafinta fogás”: elmosódott pillanattfelvételek sora adja a kezünkbe.



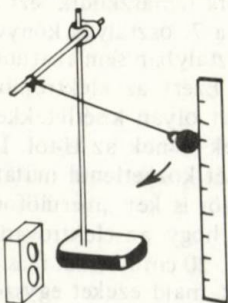
3. ábra



4. ábra

A 3. ábrán látható „fénykép” (a könyvben igazi, ha egy egészen kis mértékben „megkozmetikázott”, életnagyságú fénykép szerepel majd) úgy jött létre, hogy a lejtőn leguruló golyóról az indulás pillanatában, majd egy, két, három másodperc múlva egy-egy pillanattfelvételt készített a mozdulatlan kamera. A „pillanat” – ezt közli a könyv – mindegyik esetben *egy huszad másodpercig tartott*, ennyi ideig volt nyitva a zár. A golyó képe mindegyik „pillanatban” – az elsőt kivéve – elmosódott, az elmosódás mértéke – amit a gyerekeknek kell vonalzóval megmérni – mindegyik golyóképen az egy huszad másodperc alatt bekövetkező elmozdulást adja meg. Ezeket az elmozdulásokat a $\Delta t = \frac{1}{20}$ s időtartammal elosztva rendre megkapjuk a *pillanatnyi sebességet* a $t = 0$, $t = 1$ s, $t = 2$ s, $t = 3$ s időpillanatokban (4. ábra)

Erről az ábráról már könnyű leolvasni, hogy mi jellemzi az egyenletesen változó mozgást. (A pillanatnyi sebesség elmosódott fényképből való meghatározását már korábban gyakoroljuk egy-két példán. Ha a tanárnak rendelkezésére áll megfelelően felszerelt lejtő, és elektronikus időmérő, akkor fénykép helyett a valóságban követheti nyomon a



5. ábra

golyó legurulását. A fénykép azonban talán még előnyösebb is. Egyrészt *erősen sugallja az egy kép – egy pillanat* képzettársítást, másrészt a pillanatnyi sebesség meghatározásában manuálisan részt vesz a gyerek is.)

II. A lendület fogalmát – megfelelő „hangulatkeltés” után – egy olyan egyszerű, meggyőző és ráadásul „elronthatatlan” kísérleten keresztül vezetjük be, amely elsősorban éppen azt mutatja meg, hogy a *lendület valami más*, mint a mozgási energia (és éppen ezért van szükség ennek a fogalomnak a bevezetésére). A kísérletet a 5. ábra mutatja. A tanulói készlet műanyag, illetve vasgolyókat kb. 40 cm hosszú fonálon állványra függesztjük úgy, hogy hátrahúзва és elengedve tetszőlegesen előírt magasságból

zúdulhassanak neki a tanulói készlet eléjük állított fahasábjának. A vasgolyó, mint könnyű ellenőrizni, *nyolcszor nehezebb* a műanyag golyónál, ezért a gyerekek *biztosra veszik* (a tanár érdeklődésére válaszolva), hogy a vasgolyó *nyolcszor kisebb magasságból* elengedve vált ki kb. ugyanolyan hatást, mint a műanyag golyó. Ám ha *kikísérletezzük azt a magasságot*, amelyikből indítva a műanyag golyó már *éppen nem dönti fel* a hasábot, akkor az *ennél nyolcszor kisebb* magasságból elengedett vasgolyó még „úgy feldönti, mint a pinty”. (A hasáb felborításában ugyanis nem a golyó mozgási energiájának, hanem a lendületének jut a fő szerep, egyenlő energiák esetén viszont a vasgolyó lendülete közel háromszorosa a műanyag golyó lendületének.)

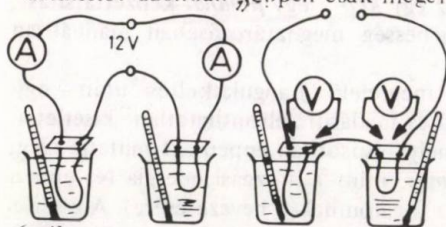
A kísérlet után a gyerekek természetesnek tekintik, hogy a mozgási energia mellett még egy mennyiség szükséges annak a jellemzésére, hogy egy mozgó test *milyen mértékben képes más testeket magával sodorni, felborítani, meglökni*. Minden további nélkül elfogadják a *közlést*, hogy az új mennyiség – a lendület – egyszerűen a tömeg és a sebesség szorzata. A lendület megmaradásának tétele a következő lecke tárgya.

Sietünk leszögezni, hogy az egyenletesen változó mozgás és a lendület gondolköre csak ebben az ismertetésben kerültek egymás mellé, mint kiemelkedően nehéz fogalmak. A könyvben a lendület a „Mozgások” c. rész *utolsó témája*. A kinematikai alapokat (sebesség, átlagsebesség, pillanatnyi sebesség, egyenletesen változó mozgás) az erő, majd utána a tömeg szerepének kvalitatív, fokozatos bemutatása követi, beágyazva a súrlódás, közegellenállás, szabadesés, forgómozgás, rezgőmozgás, hullámmozgás gondolati ívébe. (Kiegészítő anyagként az ingamozgást is tárgyaljuk röviden, s külön fejezet – sok apró betűvel – szól a hangról.)

Mivel az elkövetkező néhány évben, úgy lehet sok fizikatanár fog „szenvadni” a 8. osztály második felében a csökkent óraszámától, megkockáztatok egy, az esetleges kényszerű összevonásokra, rövidítésekre vonatkozó megjegyzést. Ugy tűnik, mindig érdekesebb az elvont tételek „igényes megfogalmazására szánt időből lefaragni, mint egymást támogató jelenségek közül elhagyni mindazokat, amelyek „nem mondanak lényeges újat”. Ha az ingamozgást *akármilyen röviden* bemutatjuk, és néhány szóval kommentáljuk, a befektetett idő bőven megtérül a rezgőmozgás gyorsabb és könnyebb befogadásában. Arról, hogy a lejtőn való mozgással egyáltalán érdemes foglalkozni, a szabadesés megfigyelése révén győződhetünk meg. Azt viszont, hogy „milyen is pontosabban a szabadesés”, az enyhe lejtőn leguruló golyó érteti meg velünk igazán. A példák számát szaporíthatnánk.

3. Elektromosság

Az előző évi, tehát a 7. osztályos párhuzamos könyvben a *feszültség* fogalmát úgy tesszük érzékletessé, hogy megmutatjuk: az áramforrás „töltésszivattyú”, amely lehet erősebb vagy gyengébb, aszerint, hogy kisebb vagy nagyobb mértékű elektronhiányt, illetve többletet képes létrehozni a pólusain, s a feszültséget ezzel a különbséggel hozzuk kapcsolatba. Az áramkör két pontja közötti feszültség szabatos definíciója a párhuzamos könyvben is a két pont között átáramló töltésen végzett munkára támaszkodik, ezt a definíciót azonban „éppen csak megemlítjük” (elvontsága miatt) a 7. osztályos könyvben, így a nyolcadik osztályban sem akarunk rá érdemben építeni. Ezért az elektromos munkát és teljesítményt olyan kísérletekkel vizsgáljuk meg, amelyek *W-nek az U-tól, L-től és t-től való függését* közvetlenül mutatják. Nevezetesen: először is két „merülőforralót” készítünk úgy, hogy az elektrovaria



6. ábra

ugyanúgyan tartóban kb. 10 cm hosszú ellenállashuzalt erősítünk, majd ezeket egyszer

párhuzamosan, egyszer sorba kapcsolva két vízzel telt főzőpohárba merítjük, és megfigyeljük a víz melegedését. „Igazi” merülőforralóval azért nem kísérletezhetünk, mert *hálózati feszültség alkalmazása esetén nem tudjuk veszélytelen módon mérni az áramerősséget* (és még ha tudnánk is, rossz példát adnánk a gyerekeknek). A „kísérleti merülőforralóknak” azonban kb. 12 V feszültség elég. A párhuzamos kapcsolásnál (egyenlő feszültség) az egyes áramerősségeket, a sorosnál (egyenlő áramerősség) az egyes feszültségeket kell megmérni és a víz melegedésével összevetni. A módszer előnye, hogy nem keveredik a fény- és hőhatás, ezért „nincs mibe belezavarodni”. (Szélsőséges példa: egy hőszárazó gyengébben világít, mint egy zsebizzó, pedig nem kisebb a teljesítménye.)

A mágnesség, indukció stb. jelenségköreinek bemutatása nagyjából hagyományos, de itt is igyekeztünk, hogy a szövegezésben ne menjünk sokkal mélyebbre annál, amit a kísérletek sugallnak.

4. Fénytan

Két megjegyzésre szorítkozunk.

a) Egy „közönséges diavetítő” (amelybe nem teszünk filmet, csak bekapcsoljuk a *tükrökkel, lencsékkel való foglalkozás során* kitűnően kiegészítheti vagy akár pótolhatja, ha szükséges a tanári optikai padot, amellet *kiválóan inspirál mindenféle otthoni kísérlet elvégzésére*. (Diavetítője otthon is van sok gyereknek, de ha nincs, este zseblámpával is helyettesíthető.) Ezért a diavetítőt érdemes „felvenni az étlapra”.

b) A színekkel általában mostohán szokas banni, részben bizonyára azért, mert többszínnyomatú tankönyvek előállításához szegények vagyunk. Pedig minden befektetés nélkül, könnyen végezhetünk szép és tanulságos kísérleteket. Néhány példa.

Hozzunk létre fehér fénnel megvilágított prizma segítségével színeképet a falon, majd tegyünk piros színű, de *átlátszó műanyag irattartót* a fény útjába. A vörös kivételével eltűnnek a színek a falról! Következtetés: Hiába átlátszó az irattartó, a vörös kivételével elnyeli az összes egyszerű fényt. Éppen ezért látszik vörösnek. Ha sárga színű irattartót teszünk a fény útjába, azt látjuk, hogy az nemcsak a sárga egyszerű fényt, hanem *a pirosat és a zöldet is átengedi*. (Csak a kéket és ibolyát nem nyeli el.) Mivel ez az irattartó mégis „csakis sárgának” látszik, arra következtethetünk, hogy a piros és a zöld egyszerű fény *együtt sárgát ad*. (És valóban, ha a fal egy helyére piros és zöld fényt vetítünk egyszerre – például az írásvetítőre tett zöld – nem kékeszöld, hanem fűzöld! – szín-szűrő vagy fólia, valamint a diavetítőbe tett vörös színszűrő segítségével, akkor a falnak ez a része sárga színben fog tündökölni!) A zöld vagy kék irattartó nem engedi át a vörös fényt. Ezek után a gyerekek „igazi gyönyörűséggel” kipróbálhatják, hogy a piros rosttoll, ha sárga irattartóval fogjuk körül, továbbra is pirosnak látszik, zöld vagy kék irattartón át nézve azonban feketének tűnik.

5. Feladatok, otthoni kísérletek

Ezekkel „tele van tömve” a könyv, és pedig arra törekedtünk, hogy mindegyik kísérletben és gondolkodtató feladatban mindenki számára akadjon valami „neki való”. A sok közül csupán egyetlen példa.

„A saját füledbe szeretnél nézni. Két tükröd van. Kísérletezd ki, hogyan kell őket tartanod! Próbálj rajzot készíteni róla, hogyan jut el a fény a füledtől a szemedig!”

Bizonyára akad majd diák, aki pontosan megszerkeszti a fény útját. (Ez a „legjobbak” számára sem triviális feladat.) Lesz, aki hevenyészett rajzot csinál, és sokan egyáltalán nem bíbelődnek majd ceruzával és papírral. De olyan gyereket aligha találunk majd, aki *oda se áll* a nagy tükör elé, kezében egy kisebb tükörrel, hacsak el nem vettük a kedvét már korábban „az egésztől” élményt nem adó magyarázatokkal, méltánytalan elvárásokkal.

A kristályok rugalmasságát és hőtágulását jellemző állandók értelmezése golyómodellel

Az általános gimnázium Bakányi–Fodor stb. Fizika I. tankönyve a kristályos testek viselkedésének leírására igen eredményesen alkalmazza a golyómodellt. E modell lehetőségeit tovább kihasználva, mód nyílik a tankönyv néhány kvalitatív kijelentésének kvantitatív megfogalmazására.

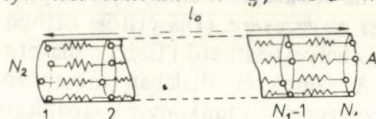
I. „Minták a golyókból” című fejezetében a tankönyv 1-1 ábrán mutatja, hogy a golyók közti távolságot növelve, kockaközéppontos kristályoknál meredekebb, lapközéppontosaknál laposabb görbe jellemzi a golyók közti kölcsönhatást. Ezt a görbét próbáljuk most mennyiségileg is jellemezni.

Az l_0 hosszúságú és A keresztmetszetű kristály (fémhuzal) hosszában N_1 , minden kiválasztott keresztmetszetében pedig N_2 golyó helyezkedik el egymástól minden irányban d távolságban (1. ábra), ezért

$$(1) \quad l_0 = N_1 \cdot d$$

$$(2) \quad A = N_2 \cdot d^2.$$

1. ábra



Egy fémhuzal rugalmas megnyújtása esetén jogos a golyók közti kölcsönhatást D_1 állandójú rugókkal modellezni. Ekkor az egész fémhuzal direkciós ereje $D = \frac{N_2}{N_1} \cdot D_1$

alakban írható fel. Ha F erő hatására a huzal megnyúlása Δl , akkor

$$(3) \quad F = \frac{N_2}{N_1} D_1 \Delta l.$$

Ha a huzal Δl megnyúlása során két szomszédos golyó közti távolságnövekedést a -val jelöljük, akkor

$$(4) \quad \Delta l = N_1 a.$$

A huzal megnyúlódását a szokásos módon felírva:

$$(5) \quad F = \frac{EA}{l_0} \Delta l.$$

$$(3) \text{ és } (5) \text{ összevetéséből: } \frac{N_2}{N_1} D_1 = \frac{EA}{l_0}.$$

Egyenletünk jobb oldalára (1) és (2)-t behelyettesítve

$$\frac{N_2}{N_1} D_1 = E \frac{N_2 d^2}{N_1 d}$$

$$(6) \quad E = \frac{D_1}{d}.$$

Az E rugalmassági modulust táblázatból kikeresve, a szomszédos golyók közti távol-

ságot pedig $d = \sqrt[3]{\frac{M}{N_1 \cdot \rho}}$ képlettel kiszámolva a következő táblázatot nyertük:

	E $\cdot 10^{11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$	d $\cdot 10^{-10} \frac{\text{m}}{\text{m}}$	D_1 $\frac{\text{N}}{\text{m}}$
Arany	0,81	2,57	20,82
Réz	1,26	2,28	28,73
Ólom	0,17	3,12	5,30
Vas	2,10	2,28	45,6
Volfrám	3,5	2,51	89,1

D_1 főt megadott értékei most már számszerűleg is megmutatják, hogy kockaközéppontos kristályoknál (vas, volfrám) hányszor erősebb a golyók közti kölcsönhatás, mint a lapközéppontos kristályok (arany, réz, ólom) esetében, sőt az egyes „kristálymintákon” belül is összehasonlítható a kölcsönhatás erőssége.

2. Az 1986. évi orvosi egyetemi feladatsor 4. példája egy rugalmas sín megnyújtásakor végzett munkát kérdezi. A példa szövege a következő:
Egy acélsín hossza 0°C -on 20 méter.

a) Mennyivel nyúlik meg a sín, ha 200°C -ra melegítjük?

$$\alpha = 1,17 \cdot 10^{-5} \text{ } 1/^\circ\text{C}$$

b) Mennyi munkával lehetne a 0°C -os sínt ugyanilyen mértékben megnyújtani? A sín keresztmetszete $0,5 \text{ dm}^2$, az acél rugalmassági modulusa $2 \cdot 10^{11} \text{ N/m}$.

Megoldás: a) A sín megnyúlása $\Delta l = 4,68 \text{ cm}$.

$$b) W = \frac{E}{2} \cdot \frac{A}{l_0} (\Delta l)^2 = 54 \text{ 750 J.}$$

Oldjuk meg most a feladat b) részét az előbbieken kapott D_1 felhasználásával. A szövegben megadottakon kívül szükséges adatok:

$$d = 2,28 \cdot 10^{-10} \text{ m.} \quad M = 55,847; \quad \rho = 7,86 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}.$$

$$D_1 = E \cdot d = 2 \cdot 10^{11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 2,28 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 45,6 \frac{\text{N}}{\text{m}}.$$

A $V = A \cdot l_0 = 100 \text{ dm}^3$ térfogatú sín tömege 786 kg , a benne levő atomok száma:

$$N = \frac{6,02 \cdot 10^{26} \cdot 786 \text{ kg}}{55,847 \text{ kg}} = 84,72 \cdot 10^{26}$$

A 20 méter hosszú sínben $N_1 = \frac{20 \text{ m}}{2,28 \cdot 10^{-10} \text{ m}} = 8,77 \cdot 10^{10}$ vasatom sorakozik egymás

lett. A sín $4,68 \text{ cm}$ -es megnyúlása esetén két szomszédos „golyó” távolsága a

$$a = \frac{\Delta l}{N_1} = \frac{4,68 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{8,77 \cdot 10^{10}} = 5,336 \cdot 10^{-13} \text{ méterrel növekszik. Ezért a sín megnyújtásakor}$$

végzett munka:

$$W = N \frac{1}{2} D_1 a^2 = 84,72 \cdot 10^{26} \cdot \frac{1}{2} \cdot 45,6 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot 28,47 \cdot 10^{-26} \text{ m}^2.$$

$$W = 55\,500 \text{ J.}$$

Ezt összevetve a felvételi feladat megadott eredményével, az eltérés:

$$\Delta W = \frac{55\,500 - 54\,750}{54\,750} \cdot 100\% = 0,45\%$$

3. Mindenoldalú egyenletes nyomás esetén a testek rugalmas összenyomhatóságát összenyomhatósági együttható (kompresszibilitás) jellemzi, egysége m^2/N . Szorítkozunk most a vonalas megnyúlás ellentétét képező egyoldalú összenyomásra, mikor a nyomás csak a test két szemközti lapjára hat. A test összenyomhatóságát ilyenkor a

$$\kappa_1 = \frac{\kappa}{3} \text{ mennyiség jellemzi, és érvényes a } \frac{\Delta l}{p_0} = \frac{F}{A} \kappa_1 \text{ összefüggés.}$$

Nézzünk most egy l_0 hosszúságú, A keresztmetszetű fémrudat, amelyet ugyanakkora nagyságú Δl -el megnyújtunk, illetve összenyomunk. A két esetben a munkavégzés:

$$W_1 = \frac{EA(\Delta l)^2}{2l_0}, \text{ illetve } W_2 = \frac{A(\Delta l)^2}{2\kappa_1}$$

A fémrúd megnyújtása, illetve összenyomása azonban a fém golyói közti kölcsönhatást modellező D_1 és D_2 állandójú rugókon való munkavégzésként is felfogható. Ha a rúdban N számú golyó van, és távolságuk a rúd hossz tengelye irányában a -val változik, a két munka:

$$W_1 = N \frac{1}{2} D_1 a^2, \text{ illetve } W_2 = N \frac{1}{2} D_2 a^2$$

$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{N \frac{1}{2} D_2 a^2}{N \frac{1}{2} D_1 a^2} = \frac{\frac{\Delta l (\Delta l)^2}{2l_0 \kappa_1}}{\frac{EA(\Delta l)^2}{2l_0}}$$

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{1}{\kappa_1 E}$$

$$\text{vagy szorzat alakban: } E \kappa_1 = \frac{D_1}{D_2}$$

$$\text{Végül pedig (6)-ból } E = \frac{D_1}{d} \text{ behelyettesítésével } \frac{1}{\kappa_1} = \frac{D_2}{d}.$$

$$\text{Mivel acélra } E = 2 \cdot 10^{11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2}, \text{ és } \kappa_1 = 2 \cdot 10^{-12} \frac{\text{m}^2}{\text{N}}$$

$$(7) \quad n = \frac{D_2}{D_1} = \frac{1}{E \kappa_1} = \frac{1}{2 \cdot 10^{11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 2 \cdot 10^{-12} \frac{\text{m}^2}{\text{N}}} = 2,5$$

4. „Kristályok hőtágulása” című fejezetében a tankönyv ábrákon mutatja be, hogy „ha a kristályban a golyók egyensúlyi helyzetükben eltávolodnak egymástól, mérsékeltebben nő a kölcsönhatási energiájuk, mint amikor megközelítik egymást. Ezért a golyók rezgésének középpontja eltávolodik a szomszédétól. A szilárd test ennek következtében kitágul.”

A kristályt T_0 -ról T hőmérsékletre melegítve, a golyók energiáj. $\Delta \epsilon$ -al megnő, rezgési amplitúdójuk pedig x_0 -ról x -re, illetve y_0 -ról y -ra növekszik (2. ábra).

A 2. ábráról leolvasható, hogy

$$y_0 + c_1 = x_0 - c_1$$

$$x_0 - y_0 = 2c_1,$$

valamint

$$y + c_2 = x - c_2$$

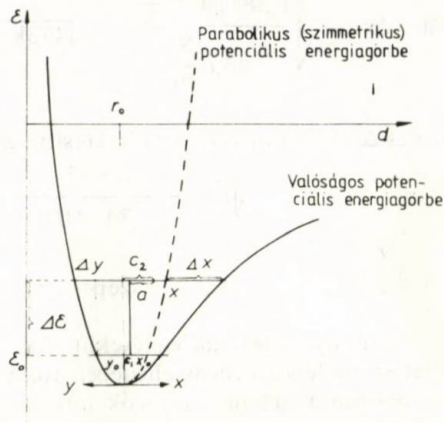
$$x - y = 2c_2$$

$c_2 - c_1 = a$: két szomszédos golyó távolságának növekedése

ΔT hőmérséklet-emelkedés hatására

$$a = c_2 - c_1 = \frac{x - y}{2} - \frac{x_0 - y_0}{2} = \frac{(x - x_0) - (y - y_0)}{2}$$

$$(8) \quad a = \frac{\Delta x - \Delta y}{2}$$



2. ábra: A potenciális energia minimumához tartó r_0 abszcissa az abszolút zérus fokon levő rezgési középpont, amelyhez képest $T_0 = 273$ K és tetszőleges T hőmérsékletre tartozó átlagos golyótávolság (rezgési középpont) c_1 , illetve c_2 -vel tolódik el

Nézzük meg, mi kapcsolat van a Δx és Δy között: $\frac{1}{2} D_1 x_0^2 = \frac{1}{2} D_2 y_0^2$

$$\frac{x_0}{y_0} = \sqrt{\frac{D_2}{D_1}} = \sqrt{n} \quad ; \quad \text{és hasonló módon} \quad \frac{x}{y} = \sqrt{n}$$

$$\frac{\Delta x}{\Delta y} = \frac{x - x_0}{y - y_0} = \frac{y \sqrt{n} - y_0 \sqrt{n}}{y - y_0} = \sqrt{n}$$

$\Delta y = \frac{\Delta x}{\sqrt{n}}$ kifejezést (8)-ba behelyettesítve és rendezve:

$$(9) \quad \sqrt{n} = \frac{\Delta x}{\Delta x - 2a}$$

Határozzuk meg Δx kiszámítása:

$$\frac{1}{2} k T_0 = \frac{1}{2} D_1 x_0^2 \quad \rightarrow \quad x_0 = \sqrt{\frac{k T_0}{D_1}} \quad ; \quad \frac{1}{2} k T = \frac{1}{2} D_1 x^2 \quad \rightarrow \quad x = \sqrt{\frac{k T}{D_1}}$$

$$(10) \quad \Delta x = x - x_0 = \sqrt{\frac{k}{D_1}} (\sqrt{T} - \sqrt{T_0}).$$

Alkalmazzuk most eredményeinket a rugóállandók hányadosának kiszámítására előbbi felvételi példánk esetében. Adatok: $T_0 = 273$ K; $T = 473$ K; $D_1 = 45,6$ N/m; $a = 5,336 \cdot 10^{-13}$ m. (Lásd: 2. pontban!)

$$(10)\text{-ből } \Delta x = \sqrt{\frac{1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}}{45,6 \frac{\text{N}}{\text{m}}}} (\sqrt{473\text{K}} - \sqrt{273\text{K}}) = 28,74 \cdot 10^{-13} \text{ m.}$$

Ezután a és Δx értékét (9)-be behelyettesítve és 10^{-13} méterrel egyszerűsítve:

$$\sqrt{n} = \frac{28,74}{28,74 - 10,67} = 1,590$$

$n = 2,53$, tehát igen szépen egyezik a (7)-ben kapott értékkel.

5. Mivel a kristályos test melegítésekor bekövetkező meghosszabbodás a golyók közti kölcsönhatást modellező rugók ellenében történik, az a vonalas hőkitágulási együtthatónak kapcsolatban kell lennie a rugók direkciós erejével. Ezt a kapcsolatot fogjuk most megkeresni:

$$(9)\text{-et rendszerezve } a = \frac{\Delta x (\sqrt{n} - 1)}{2\sqrt{n}},$$

másrészt $a = \alpha d_0 \Delta T$, ahol d_0 a két szomszédos golyó távolsága T_0 hőmérsékleten, a pedig a szomszédos golyók ΔT hőmérséklet-emelkedés hatására bekövetkező távolságnövekedése.

$$(11) \quad \alpha d_0 \Delta T = \frac{\Delta x (\sqrt{n} - 1)}{2\sqrt{n}} \longrightarrow \alpha = \frac{\Delta x \cdot (\sqrt{n} - 1)}{2d_0 \sqrt{n} \Delta T}$$

$\Delta T = T - T_0$, valamint $n = \frac{D_2}{D_1}$, végül (10)-ből Δx kifejezést beírva:

$$\alpha = \frac{\sqrt{\frac{k}{D_1}} (\sqrt{T} - \sqrt{T_0})}{2d_0 (T - T_0)} \cdot \frac{\sqrt{\frac{D_2}{D_1}} - 1}{\sqrt{\frac{D_2}{D_1}}} \quad \text{kissé átalakítva} \quad \alpha = \sqrt{\frac{k}{4d_0 D_1}} \cdot \frac{1}{\sqrt{T} + \sqrt{T_0}} \cdot \frac{\sqrt{\frac{D_2}{D_1}} - 1}{\sqrt{\frac{D_2}{D_1}}}$$

Az α -ra nyert fenti kifejezésünk azt jelenti, hogy elértük célunkat: a lineáris hőkitágulási együtthatót sikerült a kristály rugalmas megnyúlását és összenyomását megszabó D_1 és D_2 rugóállandókra visszavezetni. Összefüggésünket azonban ajánlatos kicsit megvizsgálni! Ha feltételezzük, hogy a golyók energiájának a távolsággal való változását parabolafüggvény írja, úgy (11)-ben egyedül T változik, és a hőmérséklet emelkedésével α egyre kisebb válik.

Ez azonban nem felel meg a kísérleti tapasztalatnak, sőt ellenkezőleg: Δl -nek ΔT -vel való egyenes arányossága csak egyre nagyobb α értékek bevezetésével tartható fenn. A (11)-ben szereplő mennyiségek közül T hőmérsékleten kívül még D_1 kapcsolatos közvetlenül a megnyúlással, tehát kézenfekvő, hogy ennek változása – csökkenése – okozza α növekedését. D_1 csökkenése viszont azt jelenti, hogy a golyók közt ható erő nem lineárisan változik, az energiátávolság-függvény pedig nem parabola, hanem más, annál laposabb görbe. D_1 tehát T függvénye, és (11)-ben összetartozó T – D_1 értékpárokat behelyettesítve, összefüggésünk a hőmérséklettel növekvő hőkitágulási együtthatót eredményez.

IRODALOM

Bakányi – Fodor stb.: Fizika I

Fowler – Meyer: Fizika mérnököknek

Budó – Pócza: Kísérlet fizika I.

Ideális gáz, reális gáz?

(Megjegyzések a gázok állapotegyenletéhez)

Néhány éve már a gimnáziumok első osztályában is tanítunk fizikát, melynek célja, hogy a tanulók elsajátítsák a természettudományos megismerési módszert, a modellezést, a termodinamika alaptörvényeinek megismerése és a halmazállapotok tanulmányozásán keresztül. Egyik legfontosabb modell, melyet ebben a tanévben használunk mind fizika-, mind kémiaórákon, az ideális gáz modellje.

Mit értünk ideális gázon?

Azt mondjuk, hogy az ilyen gáz rendkívül sok, kicsi részecskéből (golyóból) áll, melyek rendezetlenül, nagy sebességgel mozognak. Elhanyagoljuk a részecskék méretét a teljes gáztérfogathoz képest, és a közöttük lévő kölcsönhatást. Jellemzésükre állapotjelzőket használunk, melyek között meghatározott összefüggés áll fenn, melyet gáztörvénynek vagy állapotegyenletnek is nevezhetünk. Alakja többféle lehet.

$$pV = NkT = nRT = \frac{m}{M} RT,$$

ahol p a nyomás, V a térfogat, T az abszolút hőmérséklet, N a részecskék darabszáma, n a mólok száma, m a gáz tömege M a gáz móltömege, $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K,

$R = 6 \cdot 10^{23} \cdot k = 8,2$ J/molK az anyagi minőségtől független állandók, illetve n lehet k_{mol} ekkor $R \approx 8200$ J/kmolK.

Az állapotegyenlet $pV = NkT = nRT$ alakja független a gázok anyagi minőségétől, minden gázra egyformán érvényes. Az állapotjelzők értéke nem függ attól, hogy milyen gázzal van szó. Kémiaórán szeretünk móltérfogatokot is megadni különböző körülményekre, bár ezeket ki is számolhatjuk az állapotegyenlet segítségével. Például normál

állapotban ($p = 10^5$ Pa, $T = 273$ K) $V = \frac{NkT}{p} \approx 22,4$ dm³, vagy standard állapotban ($p = 10^5$ Pa, $T = 298$ K) $V \approx 24,5$ dm³.

Az év végi ismétlésnél érdemes feltétlenül ezt a számolást elvégeztetni a tanulókkal, és utána feltenni a kérdést:

Ténylegesen minden gázra és bármilyen körülmények között igaz ez az állapotegyenlet? Vagy másképp fogalmazva, mikor tekinthetünk egy gázt ideálisnak, milyen feltételek mellett használhatjuk ezt a modellt, és mikor van szükségünk már más, az anyagi minőséget is figyelembe vevő új modellre?

Az állapotegyenlet csak az ideális gázokra érvényes. A valódi (reális) gázok ettől többé-kevésbé eltérő viselkedést mutatnak.

Mi lehet az eltérés oka?

Az eltérés két okra vezethető vissza. Az egyik a gázmolekulák kölcsönös vonzása. Az

ebből származó kohéziós erő hozzáadódik a külső nyomáshoz. Ezt egy $\frac{a}{V^2}$ taggal lehet

figyelembe venni, melyet az állapotegyenletben a nyomáshoz hozzá kell adni, a gáz anyagi minőségére jellemző állandó, V a térfogat.

A második ok az, hogy a gázmolekulák nem tekinthetők anyagi pontnak. Ezt úgy lehet figyelembe venni, hogy egy, a gázra jellemző, megfelelő értéket levonunk a gáz V térfogatából, amit b -vel jelölünk.

A kohéziós nyomás és a térfogati korrekció figyelembevételével a következőképpen írhatjuk fel a reális gázok van der Waals által felállított egyenletét:

$$\left(p + \frac{a^2}{V^2}\right)(V - b) = NkT.$$

Az a és b állandók az ideális gáz állapotától való eltérés mértékei. Ezeket kísérletileg kell meghatározni. Kis és közepes nyomáson a nyomáskorrekció többnyire nagyobb, mint a térfogati, nagy nyomásokon azonban mindig a térfogati korrekció dominál.

Mely gázoknál használhatjuk mégis jó közelítésként az ideális gázok állapotegyenletét? Legjobb közelítéssel a nagyon alacsony hőmérsékleten cseppfolyósítható gázok esetében, például: H_2 , He , N_2 , O_2 , CH_4 . E gázok esetében a gáztörvényből számolt térfogat normál földi körülmények között 0,1% pontosságú. Ezzel szemben a könnyen cseppfolyósítható gázok már 2-3%-os eltérést mutatnak az ideális gázok törvénye alapján számított értékektől, például: CO_2 , SO_2 , Cl_2 , CH_3Cl . A molekulák polárossága növeli az eltérést, mivel erősebb közöttük a kölcsönhatás.

Folyadékokra általános érvényű állapotegyenletet nem sikerült felállítani, hiszen ebben a halmazállapotban már jelentős a kölcsönhatás. Mindezek ellenére a van der Waals-féle egyenlet nagyságrendileg helyes képet ad a folyadékokról. Tűrhető egyezés a tapasztalattal azonban csak úgy érhető el, ha más a és b értékkel számolunk, mint gázhalmazállapotban, továbbá a hőmérséklettel is változóan tekintjük a -t és b -t. Ez arra utal, hogy a folyékony halmazállapotnak van hasonlatossága a gázhalmazállapottal, különösen magas hőmérsékleten.

SZEGEDI ERVIN

KLTE Kísérleti Fizikai Intézet

Szabadsági fokok számának mérése gázban a Clement–Desormes-kísérlet alapján a gimnázium I. osztályában

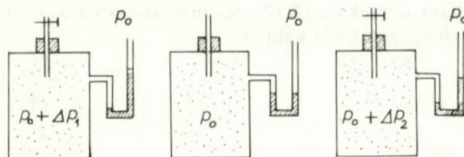
A Bakányi, Fodor, Marx, Sarkadi, Tóth, Ujj szerzők által írt I. osztályos fizikatanönyv feldolgozásakor az egyik sarkalatos pont a „Golyók-e a golyók?” című anyag-rész. Ennek tárgyalásakor jó alkalom kínálkozik arra, hogy a tanulók átéljék a megismerési folyamat jellegzetes elemét, amikor is a tapasztalatok nem, vagy nem teljes mértékben egyeznek a gondolati modell alapján elvárattal, és így kikényszerítik a modell finomítását, vagy új modell kialakítását.

A gázokról kialakított golyómodellt felhasználva az előző órákon kimutatjuk, hogy egy N részecskét tartalmazó gáz állandó térfogatú folyamathoz tartozó hőkapacitása

$$C_V = (3/2) \cdot N \cdot k.$$

Az összefüggés alapján kiszámoljuk 24 liter, 20 °C hőmérsékletű, 100 kPa nyomású gáz hőkapacitását, amire $C_V = 12,3$ J/K adódik. A tankönyv – mérésekre utalva – közli néhány egv. két- és többatomos gáz mért hőkapacitását: 12,3 J/K, 20,5 J/K és 24,5 J/K.

A mért és a modellből számolt hőkapacitás-értékek részbeni eltérése a modell finomítására késztet. Az eddig golyónak képzelt részecskéket különböző formával (H_2 , O_2 pálcika, CH_4 , NH_3 agas-bogas) ruhazzuk fel. Az összetettebb alakzatoknál a részecskék a haladó



1. ábra

mozgás mellett forgómozgással is energiát tarolnak, és így – a forgási szabadsági fokok figyelembevételével – a modell már a tapasztalt hőkapacitás értékeket adja.

Az anyagrész feldolgozását nyilvánvalóan segítené, ha a modell és a valóság szembe-kerülését a tanórán elvégzett kísérlettel is alá tudnánk támasztani. Ehhez szeretnénk ötletet adni egy ismert mérés felelevenítésével.

Be szeretnénk mutatni, hogy a Clement–Desormes-kísérlet alapján lehetőség van a „levegőrézecskek” szabadsági fokai számának meghatározására.

A mérést az 1. ábrán látható elrendezéssel végezhetjük. A nagyméretű (kb. 10 liter) palack egyik kivezetése manométerhez csatlakozik, a másik egy csapon át a légkörre nyílik.

Kezdetben a palackba kb. 1 kPa túlnyomású (10 cm magas víz nyomása) és szoba-hőmérsékletű levegő van.

A csapot egy pillanatra kinyitjuk. A levegő egy része kiáramlik, és nyomása a külső nyomás értékére esik.

A csap elzárása után a nyomás újra emelkedik, és kb. 1 perc alatt beáll egy új nyomás-érték.

A palackban lejátszódó folyamatokat a 2. ábrán követhetjük. A felrajzolt folyamatok a palackban bentmaradó levegőre vonatkoznak, amely a csap kinyitása után kitolja az eredetileg még bent levő többletlevegőt.

Mivel az első folyamat igen gyors lefolyású, a melegítéssel közölt energia elhanyagolható. A táguló gázon környezete negatív munkát végez, így az I. főtétel alapján a gáz energiájának (és hőmérsékletének) csökkenni kell.

A csap elzárása után a gáz állandó tértogatton melegszik a szobahőmérséklet eléréséig, miközben nyomása emelkedik.

A 2. ábra jelöléseit használva, az állapotegyenlet kapcsolatot teremt a három gázállapot állapotváltozói között:

$$(p_0 + \Delta p_1)(V_0 - \Delta V) = Nk(T_0 + \Delta T), \quad (1)$$

$$p_0 V_0 = NkT_0, \quad (2)$$

$$(p_0 + \Delta p_2)V_0 = Nk(T_0 + \Delta T). \quad (3)$$

Az első folyamatban a gázon végzett munka közelítése

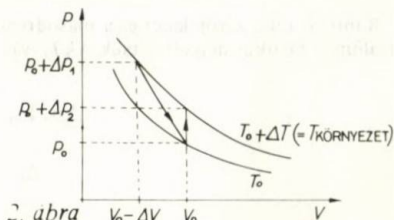
$$W = \left(p_0 + \frac{\Delta p_1}{2} \right) \Delta V$$

míg a gáz energiaváltozása

$$\Delta E = -\frac{f}{2} Nk \Delta T.$$

Az I. főtétel alapján

$$\left(p_0 + \frac{\Delta p_1}{2} \right) \Delta V = \frac{f}{2} Nk \Delta T. \quad (4)$$



2. ábra

Bontsuk fel a zárójeleket és a másodrendű tagokat hanyagoljuk el. (A (2) egyenlet alapján a $p_0 V_0$ -t tartalmazó tagokat helyettesítsük NkT_0 -val. A következő egyenleteket kapjuk:

$$\Delta p_1 V_0 - p_0 \Delta V = Nk \Delta T, \quad (1')$$

$$\Delta p_2 V_0 = Nk \Delta T, \quad (3')$$

$$p_0 \Delta V = \frac{f}{2} Nk \Delta T. \quad (4')$$

Az egyenletrendszerből már algebrai átalakításokkal adódik a következő összefüggés:

$$\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} = 1 + \frac{f}{2}.$$

Ha a manométerben a kezdeti szintkülönbség h_1 , a végső pedig h_2 , akkor nyilván $\Delta p_1 / \Delta p_2 = h_1 / h_2$, és így a „levegőrészecskéinek” szabadsági fokainak a számára az

$$f = 2 \left(\frac{h_1}{h_2} - 1 \right)$$

eredményt kapjuk.

A kísérletet néhányszor elvégezve az $f = 5.9 \pm 10\%$ eredmény adódott.

Az $f = 5$ -től való eltérés valószínű oka az, hogy a csap nyitása és elzárása között véges idő telik el, ami alatt a levegő visszamelegedése már megindul. Ez növeli a h_1/h_2 arányát, tehát egyirányú hibát jelent. A legjobb értéket ezért nem a mérések átlaga, hanem a legkisebb f jelenti.

Hogyan illeszthető be ez a kísérlet a vizsgált anyagrézsz tárgyalásába? Erre a kérdésre sokféle válasz adható. Egy lehetőség a következő.

A mért és a számolt hőkapacitások összehasonlításával kezdjük a feldolgozást. Az eltérés okait keresve eljutunk oda, hogy a modell egyező értékeket adna a mért hőkapacitásokkal, ha bizonyos gázok részecskéinek nem 3, hanem 5, illetve 6 szabadsági fokot tulajdonítanánk. Ekkor tűzzük ki célul a levegőrészecskék szabadsági fokai számának mérését. A mérésekből kapott f érték azt egyértelműen mutatja, hogy a levegőnél nem 3 szabadsági fokkal kell számolni.

Ezt követően már tényként fogadjuk el az $f = 3, 5$, illetve 6 értékeket, és megpróbáljuk modellünket szemléletesen is a tényekhez finomítani.

Néhány gondolat a fémes vezetés tanításának módszertanához

A fizika területén, az anyag feldolgozását tekintve kétféle megközelítéssel találkozunk. Az egyik a modellező, a másik pedig az absztrakt fenomenologikus módszer. Mindkettő a tapasztalatra alapoz, abból indul ki és azzal ellenőrzi a végkövetkeztetést, de a következtetés útja más és más a két módszernél.

A modellezésnél — a tapasztalat síkián — ismert elemekből építjük fel a rendszert, és ennek segítségével következtetünk további eddig nem ismert tulajdonságokra vagy jelenségekre.

A fenomenologikus módszernél a tapasztalati tényeket mint kiindulási axiómákat fogadjuk el, és ezekből vonunk le további következtetéseket.

A két módszer, a két tárgyalásmód között nem lehet és nem is érdemes értékrendbeli különbséget tenni. Mindkettő egyaránt fontos, és sokszor egymás mellett alkalmazható eredményesen.

Az általános iskolai és a középiskolai tanterv a modellezésre alapoz, hiszen a tizenévesek gondolkodásmódjukkal könnyebben követik a fizika modellekre alapozott értelmezését. Ugyanakkor magától értetődőnek tűnik, hogy igen sokszor ugyanazon jelenséggel kapcsolatosan az oktatási folyamat különböző lépcsőfokáig kialakított modellek erőteljesen különböznek, sőt sokszor a legmodernebb elméleten alapulók is csupán részben írják le a valóságot.

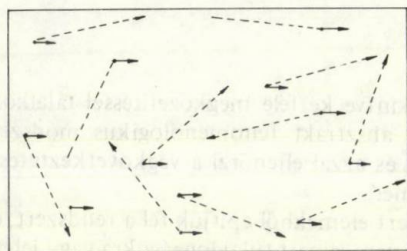
Az általános iskolai és a középiskolai fizikaanyagnak vannak nehezen modellezhető részei. Ezek közé sorolhatjuk a vezetés elektronelméletét is. Beszélhetünk klasszikus, újabb és legújabb elektronelmületről. Vizsgáljuk meg ezeket röviden, és kísérreljük meg az ezekhez kapcsolódó modellek kialakítását!

A fémes vezetés mechanizmusát az általános iskolai tanterv elsősorban fenomenológia szempontokkal közelíti, és így hozza létre az elektromos áram úgynevezett hidrodinamikus modelljét. Ez a modell a fém vezetési elektronjainak mozgását a folyadék részecskéinek lamináris áramlásával ábrázolja, ami viszont ellentmond a valóságnak. Így tehát a hidrodinamikai modell csupán megközelítően írja le a valóságot. Magasabb ismeret-szinten finomításra vagy cserére szorul.

Új modell kialakítására a középiskola harmadik osztályába nyílik lehetőség. Az előkészítést a fémvezető szerkezetével célszerű indítani, majd a fémes vezetés néhány fontosabb korpuszkuális vizsgálatával célszerű folytatni. A mondottakat ajánlatos kísérlettel alátámasztani. A Telman-féle kísérlet bizonyítékát adhatja annak, hogy a fémekben az áramot szabad vagy vezetési elektronok közvetítik. A kísérlet lényege: egy gyorsuló fémhuzalban a szabad vagy vezetési elektronok közvetítik. A kísérlet lényege: egy gyorsuló fémhuzalban a szabad mozgású töltéshordozók tehetetlenségüknel fogva a huzalhoz képest elmozdulnak, és áramot hoznak létre. A kísérlet tényét úgy is értékelhetjük, hogy fémekben az elektronok közel olyan szabadon mozognak, mint ahogy a levegőmolekulák mozognak a térben. Mozgás szempontjából célszerű a szabad elektronokat a kristályrács közeit kitöltő elektrongázzal modellezni. Ez pedig azt jelenti, hogy a fém bármely szabad elektronja úgy viselkedik, mint egy egyatomos ideális gáزرészecske. Az ekvipartíció tétele szerint az ideális gáz részecskéi szabadsági fokonként $\frac{1}{2} kT$ energiával részesednek, s így bármely fém bármely vezetési elektronja $\frac{3}{2} kT$ termikus energiával rendelkezik. Ugyanakkor, ha a vezetési elektron átlagos termikus sebességének nagyságát

$\bar{v}_0$ -val, tömegét pedig m -mel jelöljük, akkor a mozgási energiája $\frac{1}{2} m \bar{v}_0^2$. A két energia-kifejezés egyenlőségéből a termikus sebességvektor nagysága $\bar{v}_0 = \sqrt{\frac{3 k T}{m}}$, iránya pedig teljesen véletlenszerű, ezért nem is eredményez áramot.

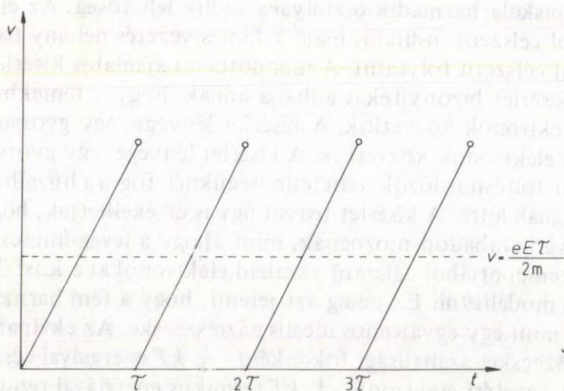
Áramláshoz vezetési elektronok tartós rendezett irányú mozgására van szükség. Ezt tartós vezetékirányú elektromos mező hozhatja létre. Ha a szabad elektronok E intenzitású elektromos térbe kerülnek, úgy ezekre $F = -eE$ erő hat. Ezzel az eddigi rendezet-



1. ábra: A klasszikus vezetési mechanizmus modellje, amely szaggatott vonalakkal a vezetési elektronok termikus sebességét, folytonossal pedig a vezetési elektronok rendezett irányú sebességét szemlélteti

len mozgásra rászuperponálódik egy rendezett mozgás (1. ábra). Így ha egy elektron kezdeti termikus sebessége v_0 , az E erősségű homogén térben $v = v_0 + at = v_0 - \frac{e}{m} E t$ sebességre tesz szert. A t ideig mozgó elektronok átlagos sebessége pedig: $v = v_0 - \frac{e}{m} E t$, ami végül $-\frac{e}{m} E t = -\frac{e}{m} E t$ alakká formálódik, hiszen a szabad elektronok rendezetlen kezdeti sebességvektorainak átlagos értéke zérus.

Az elektronok azonban igen gyorsan elveszítik a villamos térben nyert energiájukat, miközben ütköznek a rácsonokkal. Ha azok között az ütközések között, amelyekben ezt az energiát elveszítik, az átlagos távolság L , és az átlagos termikus sebesség $\bar{v}_0$, akkor az ütközések közötti átlagos időtartam $\tau = t = \frac{L}{\bar{v}_0}$, amellyel az ütközési mechanizmus egyszerű modellt formálható. A $[0, \tau]$ időintervallumban az elektronok $a = -\frac{e}{m} E$ gyorsulással mozognak az E -vel ellentétes irányban, miközben sebességük $at = -\frac{e}{m} E t$ összefüggés alapján lineárisan nő, majd m időpillanatban az elektron ütközik az ionokkal, és kinetikai energiáját teljes egészében átadja a rácsszerkezetnek. Ezt követően újra gyorsul, és a folyamat ismétlődik. Az ilyen rövid szakaszú változó mozgást úgy tekinthetjük mint $v = \frac{1}{2} a \tau = -\frac{1}{2} \frac{e}{m} E \tau$ sebességű egyenletes mozgást (2. ábra). Ezt a sebességet a töltések vándorlási vagy áramlási sebességének nevezhetjük. Nagysága $v = |v| = \frac{1}{2} \frac{e}{m} E \tau = -\frac{1}{2} \frac{e}{m} E \frac{L}{\bar{v}_0}$, iránya pedig a térerősségvektor irányával ellentétes. Mivel $\bar{v}_0$ már szobahőmérsékleten is jelentős, ezért az áramlási sebesség összefüggése összhangban van a $v \ll v_0$ feltétellel, hiszen csak ebben az esetben lehet az ütközési időt a térerősség jelenlétében is, ennek értékétől függetlenül $\tau = \frac{L}{\bar{v}_0}$ -nak venni.



2. ábra: A szabad elektronok áramlási sebességének időfüggése

Az eddigi eredmények további összefüggések megkeresésére is adnak lehetőséget. Megkereshetjük például a kapcsolatot a vezetékre kapcsolt feszültség és a kialakult áram között. Ha a fém térfogategységében levő szabad elektronok számát n -nel jelöljük, akkor az A keresztmetszeten t idő alatt áthaladó töltés: $Q = n e A v t$. Így az áramerősség

$$I = \frac{Q}{t} = n e A v = \frac{n e^2 A \bar{v}}{2m \bar{v}_0}, \text{ ami az } U = E f \text{ összefüggés felhasználásával}$$

$$I = \frac{n e^2 \bar{v}}{2m \bar{v}_0} \frac{A}{l} U, \text{ alakra hozható. Ebből leolvasható a fajlagos ellenállást adó } \frac{2m \bar{v}_0}{n e^2 \lambda}$$

kifejezés, amely viszont a $\bar{v}_0$ -ra korábban kapott összefüggéssel

$$9 \frac{2m}{\lambda n e^2} \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \frac{2}{\lambda n e^2} \sqrt{3mkT}$$

kifejezéssé formálható. Ez viszont jelzi azt a tényt, amely szerint erőteljesebb hőmozgás nagyobb rácsrezgéseket és ez pedig nagyobb akadályt jelent a vándorló elektronokkal szemben, de ennek a kapcsolátnak a lényegét mégiscsak úgy fejezhetjük ki, hogy a fajlagos ellenállás arányos az abszolút hőmérséklet négyzetgyökével.

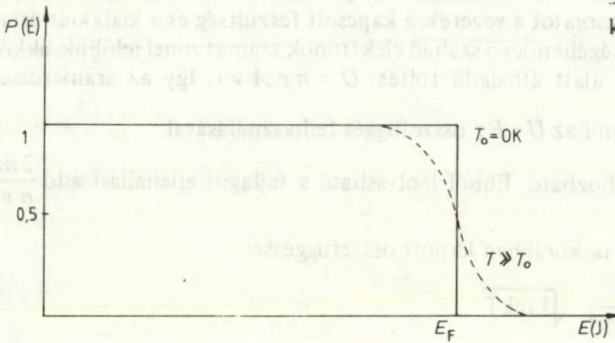
Viszont nagyon jól tudjuk, hogy közönséges hőmérsékleten és nem nagyon nagy intervallumban a legtöbb fém fajlagos ellenállásának hőmérsékletfüggését a $9 \cdot 9_{20} (1 + \alpha_{20} \Delta t)$ képlettel szokás figyelembe venni, ahol α_{20} a 20°C -hoz tartozó hőmérsékleti együttható, és $\Delta t = t - 20^\circ\text{C}$. Ez azt jelenti, hogy 9 durva közelítésben arányos az abszolút hőmérséklettel és nem pedig annak négyzetgyökével. Ellentmondásra jutottunk, amiből arra következtetünk, hogy az áramvezetés klasszikus mechanizmusa nem írja le jól a valóságot. Valamilyen más irányú megközelítésre lenne szükség. Ez pedig abban a felismerésben kell hogy gyökerezzen, amely röviden így fogalmazható: az elektronnyalábnak is hullámtermészete van. Valóban, a hullámoknak tekintett elektronok nem szóródnak a rácsperiodikus szerkezetű rácsban, szórócentrumként csak a rács periodikusságától való eltérések jöhetnek szóba. Ezeket a tényeket ragadja meg igen sikeresen Tóth Eszter a gimnáziumok IV. osztálya számára alternatív lehetőségként felkínált tankönyvében. A fémek klasszikus elektronelméletén továbblépett, és a középiskola végzősei számára elérhető közelségbe helyezte az áramvezetés új, úgynevezett hullámmechanikai modelljének lényegét. Ezt a végcélú úgy éri el, hogy az elektron hullámmodelljével indít, ezután bemutatja az ebből következő sáv szerkezeti modellt, majd a „szögesdeszkás” modell kísérlet után jut el ahhoz a felismeréshez, hogy az elektronok és kristályrács pozitív ionjai közötti kölcsönhatás úgy tárgyalható, mint az elektronhullámoknak a rácsrezgéseken vagy szennyeződéseken történő szóródása.

A fémek ellenállása, a fémrácsnak az ideális ráctól való eltéréseire vezethető vissza. Az ideális rácson az elektronhullámok akadálytalanul, szóródás nélkül haladnak át. A valóságos rácsban azonban szóródás és így ellenállás lép fel, egyrészt a rácsonok hőmozgása, másrészt, az idegen atomok okozta rács hibák miatt.

A szórás feladat kvantitatív tárgyalása rendkívül bonyolult feladat, ezért csupán néhány kvalitatív megfontolásra érdemes alapozni. Ezeket ajánlatos azzal indítani, hogy a nagy koncentrációjú elektrongázban az elektronok sebesség- vagy energiaeloszlása nem a klasszikus Boltzmann-statisztikát követi. Az elektronoknak feles spinjük van, ezért a Fermi-statisztikát követik, és az energiaszinteken a Pauli-elvnek megfelelően töltik be: minden energiaszinten legfeljebb két ellentétes spinű elektron helyezkedik el. Ez azt jelenti, hogy egy-egy energiasáv helyeit az elektronok

$$P(E, T) = \frac{1}{\exp \frac{E - E_F}{kT} + 1}$$

3. ábra: A $P(E)$ Fermi-függvény különböző hőmérsékleteken



valószínűséggel töltik be, ahol k a Boltzmann-állandó, és E_F a nulla abszolút hőmérsékleten betöltött legmagasabb energiaszintet jelenti, melyet Fermi-szintnek is nevezünk (3. ábra).

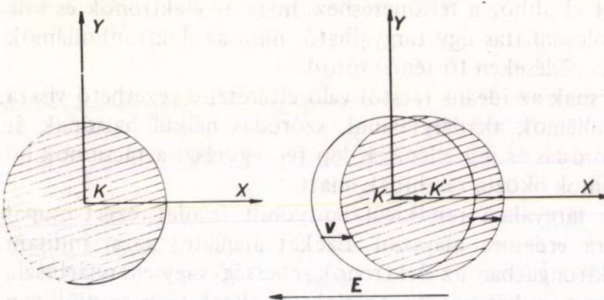
Fémekben a vezetési sáv alacsony hőmérsékleten jó közelítéssel csak az E_F energiáig van betöltve, fölötte pedig üres. E_F értéket az elektronok és a szoba jövő energiaszintek száma határozza meg:

$$E_F = \frac{\hbar^2}{2m} (\frac{3}{2} \pi^2 n)^{\frac{2}{3}}$$

A Fermi-szint közelében az elektronok koncentrációtól függő, de a hőmérséklettől független

$$v_F = \sqrt{\frac{2E_F}{m}} = \frac{\hbar}{m} (\frac{3}{2} \pi^2 n)^{\frac{1}{3}}$$

nagyágú rendezetlen irányú sebességgel rendelkeznek, és egy gömbön, az úgynevezett Fermi-gömbön belül helyezkednek el. Elektromos erőter hatására az egész Fermi-gömb eltolódik a térerősséggel ellentétes irányba. Az elektronok hőmozgásból származó rendezetlen mozgására így egy rendezett, térerősséggel ellentétes irányú sűrűlási sebesség szuperponálódik (4. ábra).



4. ábra: A szabad elektron Fermi-gömb és eltolódása egy konstans x tengelyirányú E elektromos térerősség hatására

De mekkora ez a rendezett irányú sebesség? A klasszikus vezetési mechanizmusban ezt $v = \frac{1}{2} \frac{e}{m} E \tau$ -nak találtuk. Azóta viszont kihangsúlyoztuk, hogy az elektronok fékezését a rácsrezgésekkel vagy szennyezésekkel való ütközések okozzák. Mindez együtt azt eredményezi, hogy pontos statisztikai megfontolások esetén az $\frac{1}{2}$ tényező nem lép fel, s így $v = \frac{e}{m} E \tau$ és

$$= \frac{m}{e^2 n \tau} = \frac{m v_F}{e^2 n \lambda}$$

Ezzel az új vezetési mechanizmussal kapcsolatos elgondolások helyességét konkrét adatokkal is alátámaszthatjuk. Egyszerű módszerekkel mérhető fajlagos ellenállásból kiindulva néhány fémnél határozzuk meg a

$$\bar{\lambda} = - \frac{m v_F}{n e^2 \varrho} \quad \text{szabad úthosszat!}$$

Fizikai mennyiség Fém	ϱ	n	E_F	V_F	$\bar{\lambda}$
	10^{-8} m	10^{28} m^{-3}	10^{-19} J	$10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	10^{-8} m
Lítium	8,33	4,6	7,52	12,84	1,18
Nátrium	4,34	2,5	4,96	10,43	3,41
Kálium	5,88	1,3	3,36	8,58	3,98
Réz	1,56	8,5	11,2	15,68	4,19
Ezüst	1,49	5,8	8,8	13,90	5,70

A táblázatból kitűnik, hogy a közepes szabad úthossz sok rácsállandót kitesz, s így valóban az ütközések célpontjainak nem tekinthetjük a fémrács atomtörzseit, hanem szórócentrumként csak a rács periodikusságától való eltérések jöhetnek számba.

Bár a szórási folyamat egzakt leírása igen nehéz, mégis tudunk elemi lépéseket tenni – a középiskola szintjén is – ezen bonyolult folyamat lényegi elemeinek leírásában.

Ha a térfogategységben az A hatáskeresztmetszetű, nyugvó szórócentrumok koncentrációja n , akkor a töltéshordozók közepes szabad úthossza $\bar{\lambda} = \frac{1}{An}$, és közepes mozgási

ideje $\tau = \frac{\bar{\lambda}}{v_F} = \frac{1}{Anv_F}$. Mivel nyugvó atomokon szórás nem történik, éppen ezért az ato-

mok rezgései miatt célszerű feltételezni, hogy egy rezgő atom hatáskeresztmetszete arányos az atom kitérésének négyzetes átlagértékével: $A_{h\bar{o}} \sim \bar{x}^2$.

Használjuk fel az átlagos energiára vonatkozó

$$\frac{1}{2} M \omega^2 \bar{x}^2 = \frac{1}{2} kT \quad \text{és} \quad T_D = \frac{\hbar \omega^2}{k}$$

hőmérséklet-dimenziójú. Dehve hőmérsékletnek nevezett összefüggést. Ezekkel:

$$A_{h\bar{o}} \sim \bar{x}^2 \sim \frac{kT}{M\omega^2} \sim \frac{T}{MT_D^2} \quad \text{és} \quad \tau_{h\bar{o}} = \frac{1}{A_{h\bar{o}} n v_F} \sim \frac{MT_D^2}{T n v_F} \sim \frac{1}{T},$$

illetve $\varrho \sim T$, ami Debye-hőmérséklet felett jól egyezik a mérésekkel, és így a gyakorlattal is.

Szennyezéseknél, töltött hibahelyeken való szórás esetén az elektron egy ponttöltés terében térül el, tehát Rutherford-szórásról van szó. Ekkor

$$A_m \sim \frac{1}{V_F^4} \quad \text{és} \quad \tau_m = \frac{1}{A_m N_F} \sim \frac{V_F^3}{N},$$

ami egyértelműen jelzi, hogy az utkozási idő a szennyezések N koncentrációjától függ, de a hőmérséklettől független.

Vegyes szórásnál az ütközési idők reciprocai összeadódnak, ezért: $\rho \sim \frac{1}{\tau_{h\bar{o}}} + \frac{1}{\tau_m}$.

Ennek megfelelően a fajlagos ellenállás összetevődik az abszolút hőmérséklettől függő hőmozgási ellenállásból és a szennyeződésektől származó, de a hőmérséklettől független maradék-ellenállásból, azaz $\rho = \rho_{h\bar{o}} + \rho_m$.

Szenyveződésmentes fémek csak hőmozgási ellenállással rendelkeznek. Az ilyen fémek némelyike jól meghatározott abszolút zérus feletti hőmérsékleten hirtelen elveszti az elektromos ellenállását. Az ilyen fémeket a kritikus hőmérséklet alatti tartományban szupravezetőnek, a jelenséget pedig szupravezetésnek nevezzük. Szupravezetőknél az elektronnyalábnak az ionokkal való kölcsönhatása erőteljesen megváltozik. Az atomrácsok rezgéseinek lassulásával meghatározott hőmérsékleten a szabad elektronoknak sikerül összehangolt viselkedésű párokat alkotni, melyeknek viszont most már az ionok közötti távolságnál jóval nagyobb hullámhossz felel meg, s így az elektronpárok áramlása akadálymentessé válik, azaz: megszűnik az anyag elektromos ellenállása.

Természetesen a valóság ennél bonyolultabb, de a középiskola nem vállalkozhat a kvantummechanika eddig feltárt mélységeikig, de ha az oktatási folyamat valamelyik pontján tovább tudunk lépni, lépnünk kell, és közkinccsé kell tennünk „az anyag minden kis darabjában rejlő gazdagságot, amely a mikroelektronikát adta, amely elvezetett a kémia egzakt megértéséhez, az atomok és csillagok világának feltárásához”, ahogy ezt megfogalmazta Marx professzor. A cikkben felvetett gondolatok, ha szerényen is, de szándékukkal ezt a törekvést kívánták elősegíteni.

IRODALOM

- Budó, Á.: Kísérleti fizika II., Tankönyvkiadó, Budapest, 1972.
 Dekker, J.: Fyzika pevných látek, Academia, Praha, 19tt.
 Fényes, I.: Modern fizikai kisenciklopédia, Gondolat, Budapest, 1971.
 Grehn, J.: Betzler Physik für den kursorientierten Unterricht in der gymnasialen Oberstufe, J. B. Metzlersche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1981.
 Holics, L.: Fizika III., Tankönyvkiadó, Budapest, 1983.
 Hrivnák, L.: Teoria tuhých látok, VEDA-SAV, Bratislava, 1978.
 Javorszki, B. M. — Detlaf, A. A.: Fizikai zsebkönyv, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1974.
 Klavanec, D.: Vedenie elektrického prúdu v kovoch vo vyučovaní fyziky v 8. ročníku základnej školy, Matematika a fyzika ve škole, 14, 1983/84.
 Kreher, K.: Festkörperphysik, Akademie-Verlag, Berlin, 1973.
 Kövesdi, P.: Fizika 8, Tankönyvkiadó, Budapest, 1980.
 Radnóti, K. — Tóth, E.: Tanári kézikönyv a fizika tanításához a gimnáziumok IV. osztályában, Tankönyvkiadó, Budapest, 1986.
 Tóth, E.: Fizika IV., Tankönyvkiadó, Budapest, 1984.
 Varlamov, A. A.: Kak v metalle protyekaet elektriceszkij tok? Kvant 3, 1988.
 Z. Orbán, E.: Atomok, ionok, molekulák, Tankönyvkiadó, Budapest, 1983.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Легради Имре: Годовщины</i>	1
<i>Д-р Каройхази Фридеи: Подход к трудным понятиям в параллельных учебниках по физике 7-ого класса</i>	7
<i>Д-р Каройхази Фридеи: Короткая рецензия на параллельный учебник по физике 8-ого класса</i>	13
<i>Гогола Аладар: Объяснение характеризующих констант термическое расширение и эластичность кристаллов шаровой моделью</i>	18
<i>Д-р Радиоти Каталин: Идеальной газ, реальной газ?</i>	23
<i>Сегеди Эрвин: Промер количества степени свободы газов в 1-ом классе гимназии</i>	24
<i>Михалович Шандор: Несколько мыслей к методике преподавания металлической проводности</i>	27

INHALT

<i>Légrádi Imre: Jahrestage</i>	1
<i>Dr. Károlyházy Frigyes: Annäherung an schwierigen Begriffen im parallelen Physiklehrbuch der 7. Klasse</i>	7
<i>Dr. Károlyházy Frigyes: Kurzbesprechung des parallelen Physiklehrbuches für die 8. Klasse</i>	13
<i>Gogola Aladár: Deutung der die Elastizität und Wärmeausdehnung der Kristalle charakterisierenden Konstanten mit Kugelmodell</i>	18
<i>Dr. Radnóti Katalin: Ideales Gas, reelles Gas?</i>	23
<i>Szegedi Ervin: Das Messen der Zahl der Freiheitsgrade in den Gasen auf Grund des Clement-Desormes-Experiments in der I. Klasse des Gymnasiums</i>	24
<i>Mihalovics Sándor: Einige Gedanken zur Methode des Unterrichts der metallischen Leiter</i>	27

Felhívjuk olvasóink figyelmét!

<i>Bonifert Domonkosné—Halász Tibor—Miskolci Józsefné—Molnár Györgyné: Fizikai kísérletek és feladatok általános iskolásoknak (Rsz.: 8094)</i>	Fűzve: 37,—Ft
<i>Budó Ágoston: Kísérleti fizika I. (Rsz.: 4292/I.)</i>	Kötve: 63,—Ft
<i>Budó Ágoston: Kísérleti fizika II. (Rsz.: 4292/II.)</i>	Kötve: 51,—Ft
<i>Budó Mátrai: Kísérleti fizika III. (Rsz.: 4292/III.)</i>	Kötve: 73,—Ft
<i>Dér—Rádnai—Soós: Fizikai feladatok I. (Rsz.: 8175/I.)</i>	Fűzve: 42,—Ft
<i>Dér—Rádnai—Soós: Fizikai feladatok II. (Rsz.: 8175/II.)</i>	Fűzve: 39,—Ft
<i>Halász Tibor—Kovács László—Miskolci Józsefné—Szántó Lajos: Tanári kézikönyv. FIZIKA 6. osztály (Rsz.: 83109)</i>	Fűzve: 44,—Ft
<i>Halász Tibor—Kovács László—Miskolci Józsefné—Szántó Lajos: Tanári kézikönyv. FIZIKA 7. osztály (Rsz.: 83 036/I.)</i>	Fűzve: 38,—Ft
<i>Halász Tibor—Kovács László—Kövesdi Pál—Miskolci Józsefné—Szántó Lajos: Tanári kézikönyv. FIZIKA 8. osztály (Rsz.: 83 036/I.)</i>	Fűzve: 31,—Ft
<i>Karácsonyi Rezső: Egy a valóság, s ezer a ruhája. I. Olvasókönyv az általános iskolai fizikához (Rsz.: 8077/I.)</i>	Kötve 45,—Ft
<i>Karácsonyi Rezső: Egy a valóság, s ezer a ruhája. II. Olvasókönyv az általános iskolai fizikához (Rsz.: 8077/II.)</i>	Kötve 31,—Ft
<i>Karácsonyi Rezső: Egy a valóság, s ezer a ruhája. III. Olvasókönyv az általános iskolai fizikához (Rsz.: 8077/III.)</i>	Kötve 43,—Ft
<i>L. D. Landau—E. M. Lifsic: Mechanika Elméleti fizika I. (Rsz.: 42 221/I.)</i>	Kötve: 39,—Ft
<i>L. D. Landau—E. M. Lifsic: Klasszikus erőterek Elméleti fizika II. (Rsz.: 42 221/II.)</i>	Kötve: 60,—Ft
<i>L. D. Landau—E. M. Lifsic: Kvantumtechnika Elméleti fizika III. (Rsz.: 42 221/III.)</i>	Kötve: 86,—Ft
<i>V. B. Bereteckij—E. Lifsic—L. P. Pitajevszkij: Relativisztikus kvantumelmélet. Elméleti Fizika IV. (Rsz.: 42 221/IV.)</i>	Kötve: 84,—Ft
<i>L. D. Landau—E. M. Lifsic: Statisztikus Fizika I. Elméleti fizika V. (Rsz.: 42 221/V.)</i>	Kötve: 85,—Ft
<i>L. D. Landau—E. M. Lifsic: Hidrodinamika Elméleti fizika VI. (Rsz.: 42 221/VI.)</i>	Kötve: 78,—Ft
<i>L. D. Landau—E. M. Lifsic: Rugalmasságtan Elméleti fizika VII. (Rsz.: 42 221/VII.)</i>	Kötve: 32,—Ft
<i>E. M. Lifsic—L. P. Pitajevszkij: Kinetikus fizika. Elméleti fizika X. (Rsz.: 42 221/X.)</i>	Kötve: 79,—Ft

Beszerezhetők, illetve előjegyezhetők a KÖNYVESBOLTOKBAN!

A

FIZIKA

TANÍTÁSA

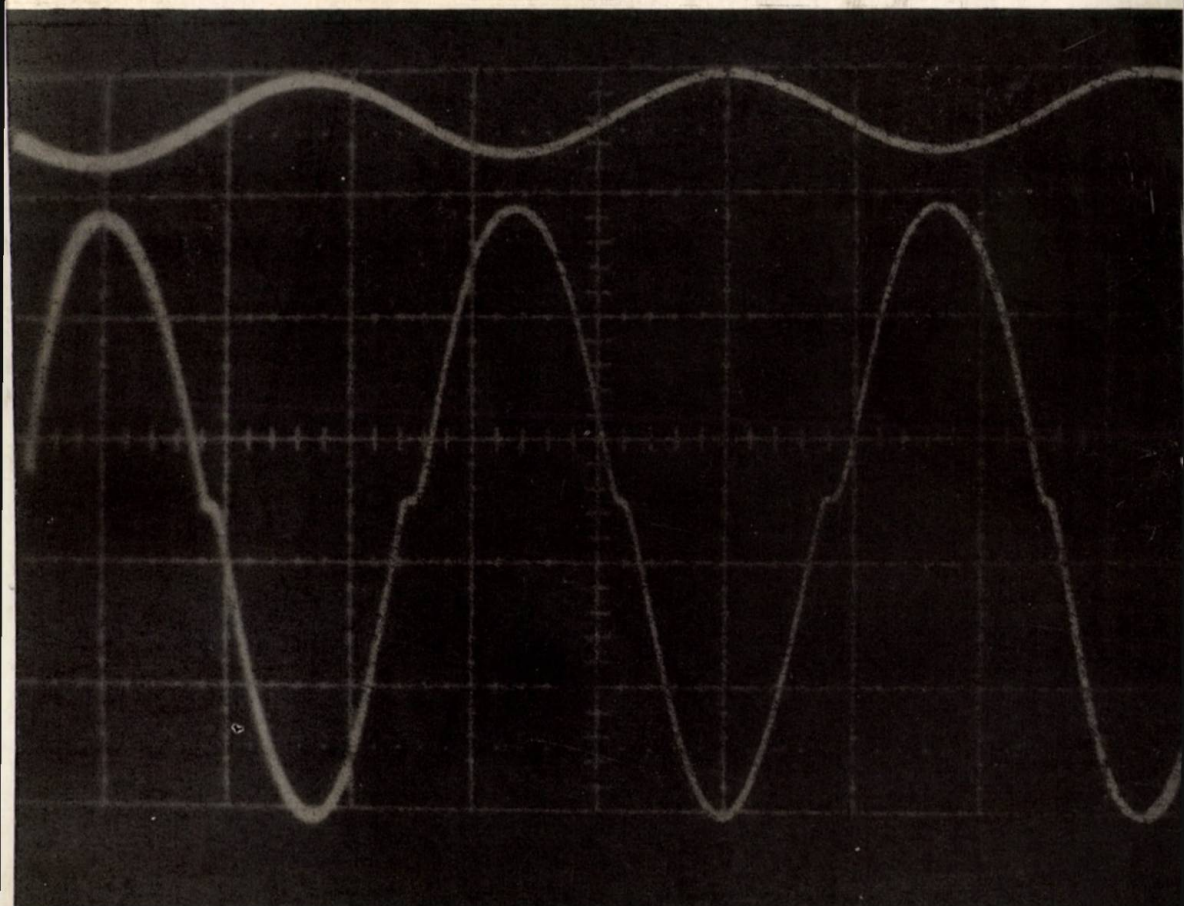


2

1989

XXVIII. évf.

A Művelődési Minisztérium módszertani folyóirata



A FIZIKA TANÍTÁSA

A MŰVELŐDÉSI MINISZTERIUM
MÓDSZERTANI FOLYÓIRATA

FELELŐS SZERKESZTŐ:
DR. GECSŐ ERVIN

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG:
GERGELY PÉTER, DR. KEDVES FERENC,
KOVÁCS LÓRÁNT, DR. LITZ JÓZSEFNÉ,
PÁHÁN ISTVÁN, DR. TASNÁDI PÉTER,
DR. VIDÓ IMRE, VIG ISTVÁN,
DR. WIEDEMANN LÁSZLÓ,
DR. ZÁTONYI SÁNDOR

Szerkesztőség: Országos Pedagógiai Intézet,
(1087 Budapest, Berzsenyi D. u. 6. pf 338)

Kiadja: a Tankönyvkiadó Vállalat,
1055 Budapest, Szalay u. 10-14.

A kiadásért felelős: a Tankönyvkiadó igazgatója.
– Terjeszti a Magyar Posta. – Előfizethető a
hírlapkézbesítő postahivataloknál és a Hírlap-
előfizetési és Lapellátási Iroda (Bp. XIII. Lehel
u. 10/a). Közvetlenül vagy posta utalván-
nyon, valamint átutalással a POSTA BANK
RT. 219-98636; 021-02799. Előfizetési díj
egész évre: 43,- Ft. Egyes példányok beszerez-
hetők: a Budapest V., Bajcsy-Zsilinszki út 76.
sz. alatti hírlapboltban. Példányonkénti eladási
ár: 7,- Ft.

PERFECTOR KFT

ISSN 0428-5336

Szerkesztői üzenet

Kérjük a kartársakat, hogy közlésre szánt cikkeiket gépelve, két példányban küldjék meg a szerkesztőség fenti címére, a lakásuk és munkahelyük, valamint a személyi számuk pontos feltüntetésével.
– A papírlapnak csak egyik oldalára, kettes sor távolsággal írjanak! Egy oldalra 30 sorot gépeljenek! A sor hossza 66 betűhely. A cikkek terjedelme legfeljebb 6-8 gépelt oldal lehet. A rajzokat, táblázatokat külön lapon, megfelelő ábraszöveggel (aláírással) ellátva küldjék be!

*Kéziratot nem örzünk meg és
nem adunk vissza!*

TARTALOM

A XXXI. Országos Középiskolai Fizikatanári
Ankét és Eszközkiallítás anyagaiból

Székely László: Félvezetők a gimnáziumi fizika órán.....	33
Kotek László – Wiandt Péter: Készülék a gáztörvények igazolásához.....	38
Sárdi Ákos – Herczeg Barnabás: Elektronikus mérősorozat.....	41
Pusztai István: Lézeres optikai demonstrációs készlet.....	46
Szabó Gábor: Modellkísérletek a szilárdtestek vezetési sajátosságainak a szemléltetésére.....	49
Dr. Kovács László: Gimnáziumi tanulóink kvantummechanikai és szilárdtest fizikai ismeretei.....	53
Ötletsarok (Eperjessy Géza).....	64

Címképünk: Keresztelési torzítás
(Sárdi-Herczegi cikk 10. ábrája)

A XXXI. Országos Középiskolai Fizikatanári Ankét és Eszközkiállítás anyagaiból

SZÉKELY LÁSZLÓ tanár
Révai Gimnázium, Győr

Félvezetők a gimnáziumi fizikaórán

A negyedik osztályos fizika tankönyv 12 oldalon foglalkozik félvezetőkkel a 23., a 25. és a 26., fejezetben /1/. Megjelenése után a tankönyvnek éppen ezt a részét bírálták leginkább a szakemberek: elsősorban kevésnek tartották a tankönyvben leírtakat. Én is kevésnek érzem a közölteket, de belátom, hogy a szűkös idő és a tananyag arányai nem teszik lehetővé a bővebb tárgyalást. Nagyon fontosnak tartom azonban, hogy a félvezetőket sok kísérlet bemutatásával hozzuk közelebb a tanulókhoz.

Az alapkísérletek (1-4.) elvégzéséhez Elektrováriát, egy Tápegység-3-at és egy oszcilloszkópot használok. Az Elektrováriát néhány egyszerű alkatrészsel egészítettem ki: tús és rétegdiodával (bármilyen típusú megfelel, pl. 0A 1150 és A 2265), termisztorral (fémlepos kivitelűt válasszunk, pl. ITT2-t, mert azt veszélytelenebb gyufával melegíteni), fotoellenállással (pl. Ø CA - Γ14/k vagy még inkább kisebb, 1-2 kellenállásút), fototranzisztorral (egy régi, üvegházás OC1071-es tranzisztorról kapartam le a festéket) és két ellenállással (750 Ω-ossal és 30 kΩ-ossal). Ezeket az alkatrészeket a készlethez tartozó 2 db 35-ös és 2 db K-21-es szorítóba lehet erősíteni, bár én házilag készített, ezekhez hasonló dugaszolható talpra szereltem valamennyit a könnyebb kezelhetőség érdekében. Egy tús diódát - hogy melegíteni tudjam - 5 cm-es huzalokkal és banándugókkal láttam el, egy 0,5 m-es huzalba pedig egy 2,2 kΩ-os ellenállást forrasztottam. Oszcilloszkópnak lehetőleg olyan típusút válasszunk, melynél az X és az Y eltérítés polaritását hátul banándugós átkötésekkel meg lehet fordítani, ez esetben ugyanis a jelleggörbéket mindig a megszokott állásba hozhatjuk (ilyen pl. a lengyel gyártmányú demonstrációs oszcilloszkóp is). Az áramátalakító finoman szabályozható egyen- és váltófeszültséget szolgáltat 0-25 V, illetve 0-6 V között.

A tranzisztor erősítésének bemutatásához (5. kísérlet) egy hanggenerátorra (vagy helyette esetleg egy magnetofonra) és egy kimenőtranszformátorral ellátott hangszóróra (pl. a rádiópad hangszórója) is szükség van. Három külön lapot is készítettem azért, hogy az integrált áramkörök működéséből is mutathassak be valamit a fizikaórán (6. kísérlet).

Az Elektrováriára előre felkészíthetjük a 4. ábrán látható 12 táblát, melyekből csak a jobb szélén található K-6-os és 15-ös táblákat fogjuk alkalmilag az 5-ösre és a 9-esre kicserélni. Az első három kísérletben csak az összeállítás jobb felét használjuk (a baloldalt esetleg le is takarhatjuk).

1. Egyszerű félvezető elemek tulajdonságai

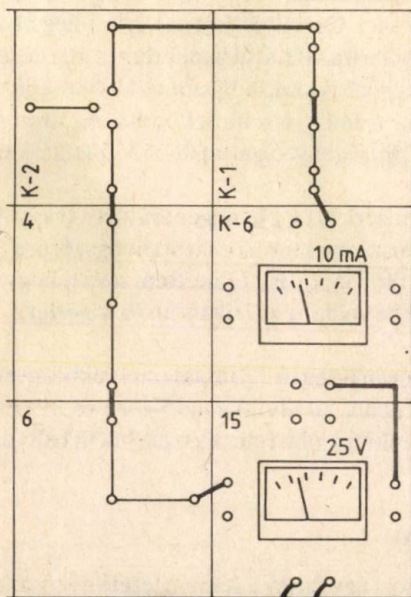
- a) *Termisztor*. A K-2 táblára feltűzzük a termisztor úgy, hogy a fémlepos lefelé nézzen (azt akarjuk majd melegíteni). A feszültséget 0-10 V között változtatva azt látjuk, hogy $I \sim U$, azaz teljesül az Ohm törvény. Kiszámíthatjuk az $R_0 = U/I$ hidegellenállást. Ha a

termisztort gyufával melegítjük, csökken az ellenállása. Célszerű ezt kb. 5 V-os feszültségnél végezni. Az árammérőn jól látható az áramerősség növekedése.

Egy-két perces várakozás alatt a termisztor lehűl, ekkor ismét a hidegellenállást mérhetjük. Ha a termisztort hosszabb vezetékre szereljük, hogy az odartartott vizesedénybe belelőghasson, úgy különböző hőmérsékletű vizet (illetve 100 °C-on felül petróleumot) tartalmazó poharakba merítve az R - T jelleggörbét is felvehetjük, bár erre inkább csak szakkörön marad időnk.

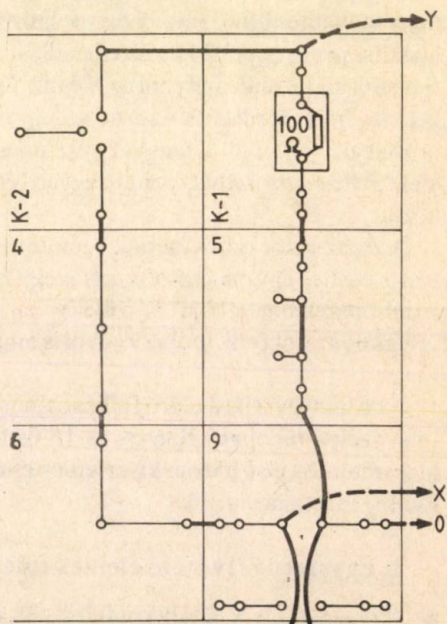
b/ **Fotoellenállás.** A K-2 táblára most a fotoellenállást dugaszoljuk, a K-6-os műszer méréshatárát (a 14 k Ω -os fotoellenállás esetén) 1 mA-re módosítjuk. A feszültséget 0-10 V között változtatva láthajtuk, hogy teljesül az Ohm törvény. Kiszámíthatjuk az ún. sötét-ellenállást is. Ha az ellenállást gyufával megvilágítjuk, növekszik az áramerősség. A gyufa elvételekor azonnal a sötétellenállást észleljük: nem a tehetetlen hőhatással állunk szemben. Ha a gyufát elégetjük, a visszamaradó vörös parázsra is változik az ellenállás. (Ha $\Delta_{\text{vörös}} \approx 750 \text{ nm}$, akkor $\nu \approx 4 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$, $E \approx 0,26 \text{ aJ}$. Ennél keskenyebb a tiltott sáv!)

c/ **Dióda.** A K-2 táblára a tűs diódát dugaszoljuk nyitóirányban: az n-réteg legyen felül. A K-6 műszer méréshatárát állítsuk ismét 10 mA-ra. Az áramforrásból jövő egyik huzalt kicseréljük arra a huzalra, amelyikbe a 2,2 k Ω -os ellenállást kötöttük (így finomabban tudjuk szabályozni a feszültséget). A 15-ös műszer méréshatárát állítsuk 5 V-ra. Vegyük fel a tűs dióda jelleggörbéjét nyitó és - a diódát a lapon megfordítva - záróirányban is. A diódát rétegdiodára cserélve felvehetjük annak jelleggörbéjét is. A két görbét ugyanabban a koordináta-rendszerben ábrázolva összehasonlíthatók a jelleggörbék. Ha a K-2-es táblára az 5 cm-es huzalokra szerelt diódát tesszük, azt gyufával - óvatosan - melegíthetjük. A melegítés hatására - különösen záróirányban - megnövekszik az áramerősség.



1. ábra

0-10 V =



2. ábra

2-6 V ~

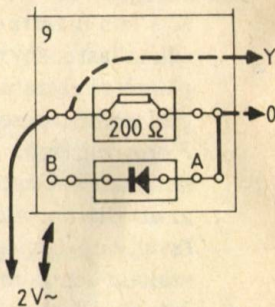
2. Egyszerű félvezetőelemek jelleggörbéi oszcilloszkópon.

Megtakaríthatjuk az 1. pontban leírt méréseket és a görbék megrajzolását, ha oszcilloszkópot használunk. A huzalozást a 2. ábra szerint alakítjuk át: a K-6-os lapot az 5-ös, a 15-öst pedig a 9-es lapra cseréljük, a K-1-es lapra pedig egy $100\ \Omega$ -os ellenállást (30. számú) teszünk. A szaggatott vonalakkal jelölt 3 vezetéket az oszcilloszkópra kötjük, a fűrészrezgést természetesen kikapcsoljuk. A 9-es táblára 0-6 V közti váltófeszültséget vezetünk.

- a/ *Termisztor.* A K-2 táblára a termisztort dugaszoljuk, az oszcilloszkóp és a feszültségforrás szabályozásával $30-40^\circ$ meredekségűre állítjuk a kapott (egyenes) jelleggörbevonalat. Ha a termisztort gyufával melegítjük, a jelleggörbe meredeksége nő.
- b/ *Fotoellenállás.* A K-2 táblára fotoellenállást teszünk. A $14\ \text{k}\Omega$ -os fotoellenállással azonban csak akkor kapunk használható jelleggörbét, ha az 5-ös táblára - az átkötés helyére - feltesszük a $750\ \Omega$ -os ellenállást. A jelleggörbét $20-30^\circ$ meredekségűre szabályozzuk (mint a termisztornál). Ha a fotoellenállást gyufával megvilágítjuk, a jelleggörbe meredeksége nő.
- c/ *Dióda.* A K-2 lapra most a tús-, illetve a rétegdiódát dugaszoljuk. (A fotoellenállásnál használt $750\ \Omega$ -ot levesszük az 5-ös tábláról, helyét rövidre zárjuk). Az oszcilloszkópon beállítjuk a jelleggörbét. Ha az 5 cm-es huzalokra szerelt diódánk jelleggörbéjét vizsgáljuk, akkor gyufával melegítve megfigyelhetjük, hogy elveszti egyénirányító hatását (kiegyenesedik a jelleggörbe), lehülve azonban újra a megszokott képet mutatja. Ebből levonhatjuk a következtetést, hogy nem történt a kristályban semmiféle maradandó változás, csupán a töltéshordozók (egy része) kapott a melegítéskor akkora energiát, hogy át tudta lépni a tiltott sávot.

3. A dióda egyénirányítása.

A diódát egyénirányításra használjuk. Ennek bemutatása a 3. ábra szerint a 9-es táblán történhet oszcilloszkóppal. A tábla közepére a 29. számú $200\ \Omega$ -os ellenállást, aljára a rétegdiódát dugaszoljuk. Az oszcilloszkópon visszakapcsoljuk a fűrész-rezgést és megállítjuk az 50 Hz-es jelet (ha lehet, úgy két teljes periódust). A váltófeszültség nyílal jelölt pólusát előbb az A-val, majd a B-vel jelölt pontra kapcsoljuk, ekkor az oszcilloszkópon váltófeszültség, illetve egyénirányított feszültség képét láthatjuk.

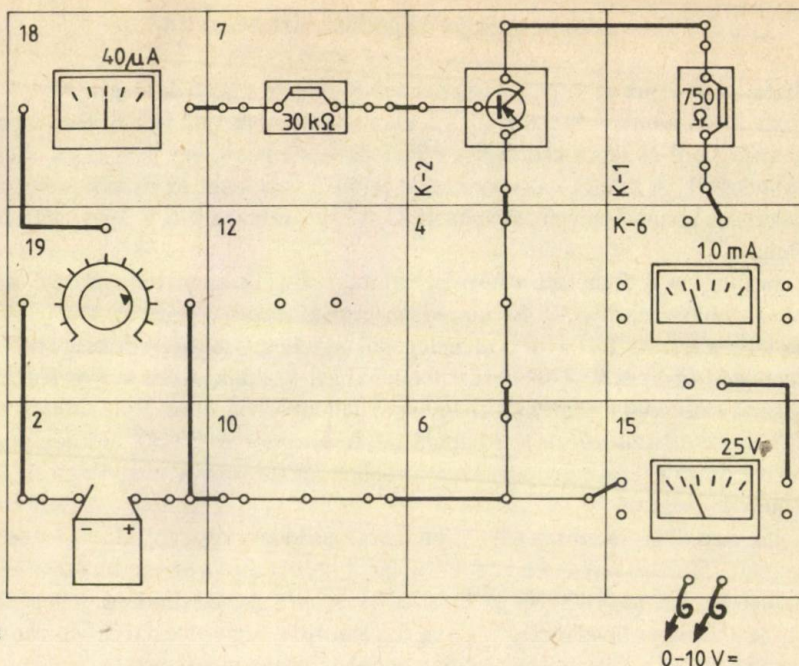


3. ábra

4. A tranzisztor tulajdonságai

A 4. ábra szerint kapcsoljuk össze az elején már felrakott összes táblát. A K-2-be dugaszoljuk be a K-15 jelű pnp tranzisztort, az áramforrás felé pedig használjuk a $2,2\ \text{k}\Omega$ -os ellenállást tartalmazó huzalt.

- a/ *Jelleggörbék felvétele.* A 19-es potenciométerrel állítsunk be állandó (pl. $8\ \mu\text{A}$) bázisáramot és vegyük fel az $I_C - U_C$ jelleggörbesereg egy vonalát. Különösen kis feszültségnél mérjünk gondosan. Még további 2-3 bázisáram mellett is vegyük fel a jelleggörbét és ábrázoljuk méréseinket közös koordináta-rendszerben.



4. ábra

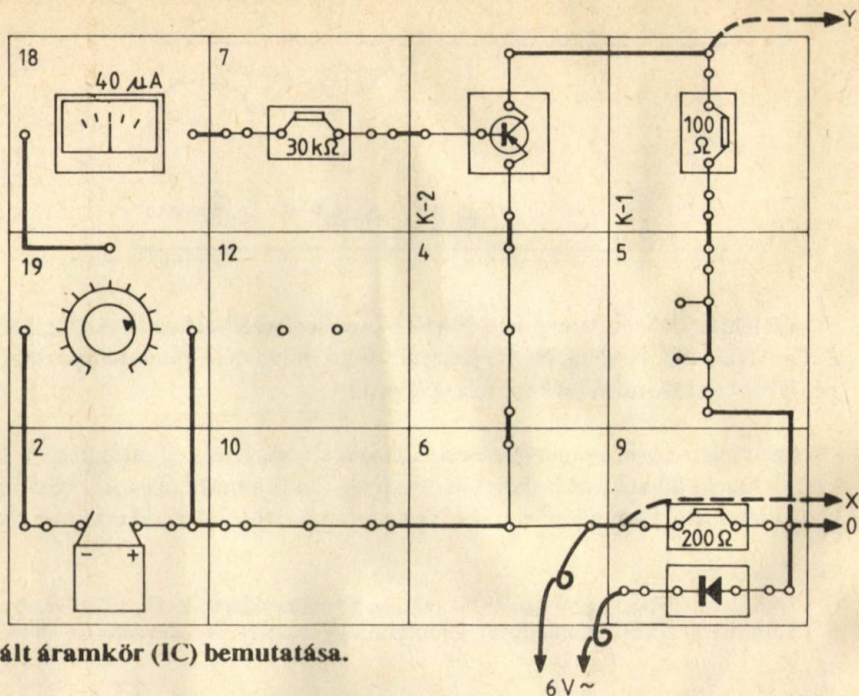
Adataink alapján kiszámíthatjuk állandó U_C mellett a $\beta = \Delta I_C / \Delta I_B$ sztatikus erősítési tényezőt is.

- b/ *Jelleggörbék oszcilloszkópon.* A 750Ω -os ellenállást cseréljük ki a 100Ω -osra, a K-6-os műszert a 4-es táblára, a 15-ös műszert pedig a 9-es táblára, melybe egy 200Ω -os ellenállást és egy rétegdiódát illesztünk az 5. ábra szerint. A bázisáramot a 19-es potenciométerrel szabályozva változik az oszcilloszkópon látható jelleggörbe. (A fűrészfűzést természetesen ki kell kapcsolni!)
- c/ *Fototranzisztor jelleggörbéje.* Az előző kapcsolásban a tranzisztor helyére dugaszoljuk a K-2-es táblába a fototranzisztort. Bázisát ne kössük be (így a tábla bal oldalát az első három kísérlethez hasonlóan most sem használjuk). Ha a fototranzisztort (gyufával) megvilágítjuk, az oszcilloszkópon kialakul a jelleggörbe. A meredeken emelkedő szakasz hossza most a megvilágítás erősségétől függ (a bázisba most a fotonok révén jutnak töltéshordozók).

5. A tranzisztor erősítése.

A 4. ábra szerinti kapcsolást használjuk. A K-1-es táblára kapcsoljuk a rádiópad hangszóróját (a rászerezelt kimenőtranszformátorral együtt). A 19-es potenciométerrel mintegy $10-20 \mu A$ -es bázisáramot állítsunk be.

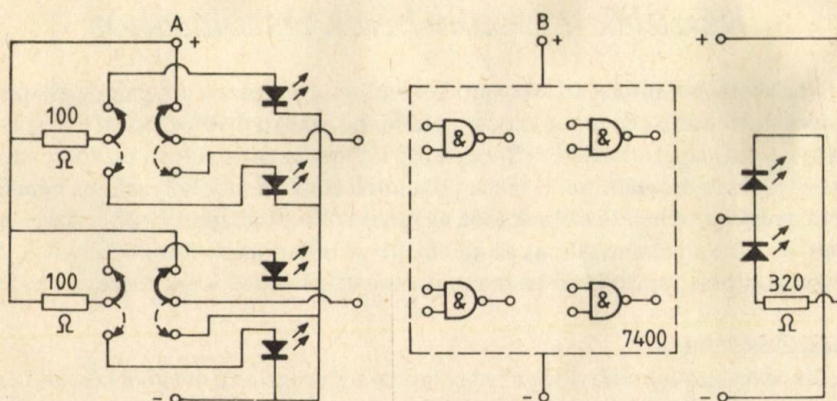
A hanggenerátor jelét a hangszóró kivezetéseire kapcsolva $300-400 \text{ Hz}$ közötti, alig hallható hangot szabályozunk be a generátoron. Ha ezután a generátor jelét a 18-as műszer jobb oldalára és a 10-es tábla bármelyik pontjára vezetjük, a hangot felerősítve hallhatjuk a hangszóróban. Hanggenerátor híján magnetofont is használhatunk, melyre zenét tartalmazó szalagot teszünk. A magnetofon hangszóró (illetve fejhallgató) kivezetéséből vezetjük ki a kísérlethez szükséges hangfrekvenciás jelet.



5. ábra

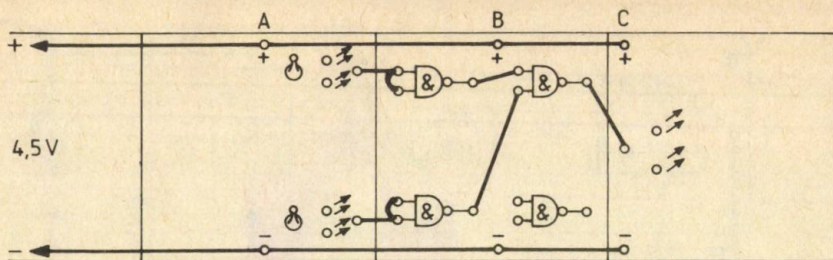
6. Integrált áramkör (IC) bemutatása.

Három 17 cm x 17 cm-es lap elkészítésével a digitális IC-k működésére is láthatunk példát (lásd a Munkafüzet 26. számú gyakorlatát). /2/ A lapok elvi kapcsolása a 6. ábrán, előlnézete a 7. ábrán látható. Az A jelű lap két kimenetén 0, illetve +4,5 V jelenik meg



6. ábra

(„hamis”, illetve „igaz”) a kapcsolók állása szerint, ezt a beépített piros, illetve zöld világító dióda (LED) fénye is jelzi. A B lapon van az IC (7400-ás), mely 4 db NAND-kaput tartalmaz. A C lapon két világító dióda (LED) jelzi, hogy a kimeneten milyen az eredmény. A szükséges feszültségeket - a 7. ábra szerint - egyetlen 4,5 V-os teleppel biztosíthatjuk.



7. ábra

A B jelű lap IC-jében lévő 4 db. NAND-kapu segítségével bármilyen logikai alapszintű művelet (NO, AND, OR, NAND, NOR) összeállítható, működése tanulmányozható. A 7. ábrán példaként az OR-művelet kapcsolása látható.

* * *

Az itt leírtak (a 6. pont kivételével) könnyen elvégezhetők egy átlagosan felszerelt fizika szertárban található eszközökkel és nem igényelnek a tanártól eszközkészítő munkát. Jógosan remélem, hogy a jövőben sok iskola tanulói láthatják majd ezeket a kísérleteket.

IRODALOM:

- (1) Tóth Eszter: Fizika, gimnázium IV. osztály. Tankönyvkiadó, 1984., 137-139. és 144-153. oldal.
- (2) Tóth Eszter: Fizika munkafüzet, gimnázium IV. osztály. Tankönyvkiadó, 1984., 59-61. oldal.

KOTEK LÁSZLÓ - WIANDT PÉTER

Pécs, JPTE Tanárképző Kar

Készülék a gáztörvények igazolásához

A középiskolai hőtanításban központi helyet foglal el a gázok vizsgálata, állapotjelzői közti kapcsolat feltárása és ennek kapcsán a különböző állapotváltozásokat leíró gáztörvények tapasztalat alapján történő felfedeztetése. Ehhez azonban olyan eszközre van szükség, amely gyorsan összeállítható, szinte pillanatok alatt üzembe helyezhető, nem igényel a tanártól megkövetelhetetlenül sok időt, ugyanakkor több állapotváltozás vizsgálatát teszi lehetővé. Erre a célra alkalmas az alábbiakban bemutatásra kerülő készülék, mely a megkívánt pontossággal, különösen tanári demonstrációs kísérletek végzésére alkalmas.

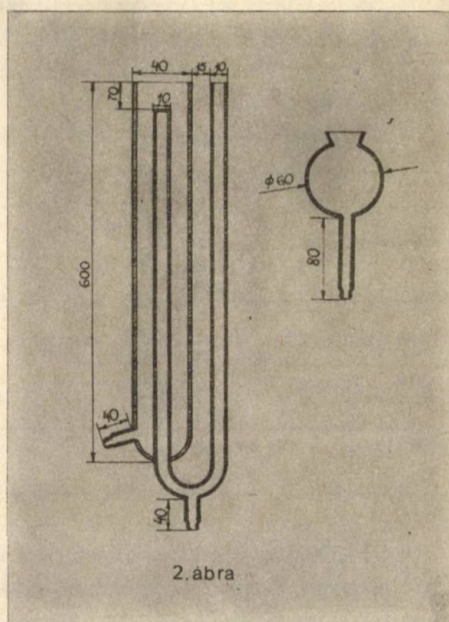
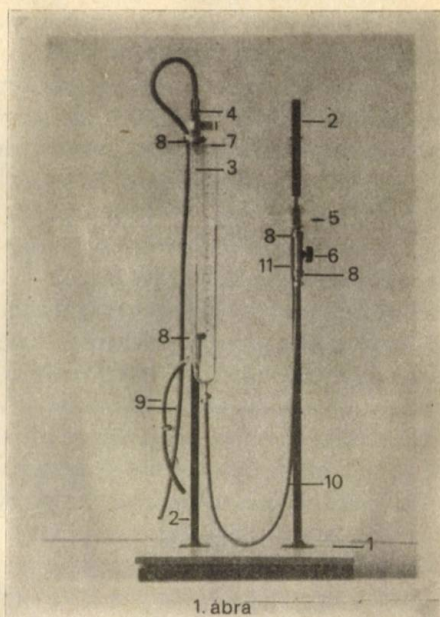
A készülék leírása

Az eszköz leglényegesebb része a bal oldali tartóra rögzített, üvegből készült berendezés, amely kétféle változatban készíthető annak megfelelően, hogy a kérdéses intézmény rendelkezik-e termosztáttal, vagy nem, ugyanis a bezárt gáz hőmérsékletének változtatása vízfürdővel történik. A külső térben a termosztát beállított hőmérsékletű vizet cirkuláltat (1. ábra). Ha nem rendelkezünk termosztáttal, akkor a külső üvegeköpeny felül nyitott és különböző hőmérsékletű víz egyszerű betöltésével változtatjuk a gáz hőmérsékletét, de megvalósítható törpefeszültséggel működő fűtőspirál beépítése is. Ezekben az esetekben a hőmérsékletet a vízfürdőbe nyúló hőmérőről olvassuk le. Valószínűleg anyagi okok miatt az utóbbi jelenti az elfogadható megoldást, ezért ennek méreteit tartalmazza a 2. ábra.

Részei:

1. Fatalp
2. Függőleges tartók
3. Egyik végén zárt üvegcső, amely a bezárt gáz és az azt elzáró higany tartalmazza
4. Külső üvegköpeny, amelyben a termosztált víz cirkulál, vagy a másik változat esetén a beöntött vizet tartalmazza
5. Mozgatható higanytartály
6. Rögzítő csavar
7. Rögzített mm beosztású skála
8. Rögzítő bilincsek
9. A termosztáthoz vezető gumicsövek
10. Higannyal telt gumicső
11. Mozgatható szán

Az eszközök másik része a rögzítést szolgáló állvány. A fatalp 18 mm-es rétegelt lemezről készült, a függőleges tartók pedig 20x20 mm-es zárt szelvényből készültek. A tartóknak a fatalphoz való rögzítését egy kis téglalap alakú vaslemez felhegesztése után átmenőcsavarokkal oldottuk meg. Az üvegből készült eszközöket a kereskedelmekben kapható bilincsek segítségével rögzítettük a függőleges tartóhoz, illetve a mozgatható szánhoz egy-egy csavar felhasználásával. A jobb oldali tartón mozgó szán hegesztéssel készült, ehhez van rögzítve a higanytartályt tartó két bilincs, míg az állítást az egyik oldallapon készített furat és ebben elhelyezett csavar teszi lehetővé. Nagyobb anyagi ráfordítás esetében elképzelhető fogaslécés megoldás is, amely folyamatosabb beállítást tesz lehetővé. A rögzített skála alumíniumlemezről készült, melyre beosztással ellátott mm papírt ragasztottunk fel és a bal oldali tartóhoz rögzítettük. Ez lehetővé teszi a gázoszlop hosszának leolvasását, ugyanakkor az U alakú cső két szárában lévő higanyoszlopok magasságának megállapítását is, amelyek szükségesek a gáz nyomásának megállapításához. Ezeket a távolságokat kissé hosszadalmasabb módon, de mérhetjük katetométerrel is.



A készülék működése

A készülékkel legegyszerűbb a levegő állapotváltozásait vizsgálni. Az üzembehelyezés első fázisa a higany betöltése, amelynek kettős szerepe van, egyrészt elzárja a vizsgálandó levegőoszlopot, másrészt jelentős szerepe van a nyomás változtatásában is. Ezt a műveletet akkor végezzük, amikor a berendezés főrészt jelentő üvegeszközt még nem rögzítettük a bal oldali tartóra. Így olyan eszközt kapunk, amely szinte előkészítő munka nélkül bármikor alkalmas demonstrációs kísérletek végzésére.

A gázok állapotváltozásainak vizsgálata során három mennyiség mérésére van szükség: nyomás (p), térfogat (V), hőmérséklet (T). A gáz hőmérsékletét folyadékfürdővel (víz) állítjuk be a kívánt értékre és ennek a folyadéknak a hőmérsékletét mérjük. A térfogatot a gázoszlop hosszának mérése alapján határozzuk meg. Ismerve a cső keresztmetszetét a térfogat számolható is. Leggyakrabban azonban csak a térfogatok aránya érdekel bennünket, ezért csak a gázoszlopok hosszát határozzuk meg. Például ha a gázoszlop hossza b cm, akkor a térfogatot vehetjük egyszerűen b térfogategységnek ($[V]$). A nyomás meghatározásához ismernünk kell az adott helyen a légnyomás értékét (p_0), tehát szükség van egy barométerre is. A nyomás értékét a következő módon határozzuk meg:

a/ ha az U alakú cső jobb oldali ágában a higanyoszlop h cm-rel magasabban van, mint a bal oldali ágban, akkor a bezárt gáz nyomása $p = (p_0 + h)$ cmHg, ahol a légnyomást is cmHg-ban mérjük. Természetesen a nyomás Pa-ba is átszámolható, de legtöbbször felesleges, hiszen itt is a nyomások aránya fontos, éppen ezért joggal mondhatjuk, hogy ebben az esetben a gáz nyomása $p = (p_0 + h)$ nyomásegység ($[p]$).

b/ a többi esetben a nyomást értelemszerűen, hasonló módon állapítjuk meg.

A készülékkel a következő összefüggések igazolhatók

1. Boyle-Mariotte törvény (izotermikus állapotváltozás)
2. Gay-Lussac I. törvény (izobár állapotváltozás)
3. Gay-Lussac II. törvény (izokor állapotváltozás)
4. Egyesített gáztörvény

Néhány mérési eredmény, amelyet az egyesített gáztörvény vizsgálata során kaptunk!

Sorszám	p [p]	V [V]	T K	$\frac{pV}{T}$ [p] [V]/K
1.	80,9	24,7	296,9	6,730
2.	86,4	27,6	355,6	6,706
3.	85,6	30,0	383,1	6,703

A készülék támogatására Commodore 16 és Commodore Plus/4 számítógépeken futtatható program is készült. Így lehetővé vált, hogy az adatok beírása után a számítógép a monitoron megjeleníti az éppen aktuális törvény igazolásához szükséges táblázatot.

Ezek alapján megállapíthatjuk, hogy a készülék alkalmas a gáztörvények igazolására.

Elektronikus mérősorozat

Munkánk megkezdésének célja az volt, hogy olyan mérési eszközöket és mérési módszereket hozzunk létre, amelyekkel általános- és középiskolákban szakköri jelleggel közelebb vihetjük a gyerekekhez az említett témakör egyes kiemelt részleteit.

Elgondolásaink szerint ezek a következők:

- tranzisztoros alapkapsolások és hangfrekvenciás fokozatok (ez elkészült),
- műveleti erősítők hagyományos és integrált elemekkel, integrált áramkörök,
- impulzustechnika passzív és aktív áramkörök.

Az elkészült és elkészítésre váró áramkörök felépítésének és azok működésének megértése feltételez alapvető tájékozottságot az elektronika területén, amely véleményünk szerint még az általános iskolában tanító fizikatanárok számára is elengedhetetlen.

Az említett eszközöket és méréseket tanárképző főiskoláknak feltétlenül javasoljuk átvételre, pl.: speciálkollégium formájában.

Az elkészült és kiállított eszközökről

Az eszközkiállításon bárki megtekinthette és ki is próbálhatta az itt bemutatásra kerülő áramköröket, amelyek sorrendben a következők:

1. Tranzisztoros alapkapsolások:

- | | | |
|---------------------|---|-----------|
| a/ közös bázisú | } | kapcsolás |
| b/ közös emitterű | | |
| c/ közös kollektorú | | |

2. Kibővített alapkapsolások:

- a/ Darlington-kapcsolás
- b/ komplementer kapcsolás

3. Hangfrekvenciás erősítők:

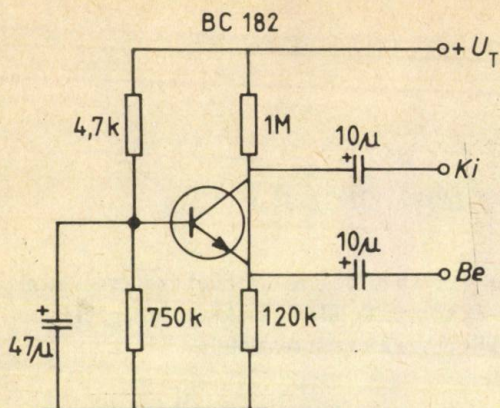
- a/ komplementer rendszerű végerősítő
- b/ integrált áramkörös végerősítő

A fenti sorrendet didaktikai alapelvek indokolják, amelyek részletezésére itt nem térünk ki. Ehelyett inkább az áramkörökkel és mérésekkel foglalkozunk.

Az alapkapsolások megvalósításánál arra törekedtünk, hogy az egyes alkotóelemek elhelyezkedése világos és áttekinthető, a kapcsolási rajz alapján a nyomtatási rajz könnyen nyomon követhető legyen. A mérés megkönnyítése érdekében minden lényeges mérési pontot könnyen hozzáférhetően helyeztünk el, és ezek mindhárom panelen hasonló helyzetűek.

Közös bázisú alapkapsolás (1. ábra)

A kapcsolási rajzból könnyen meghatározható az egyes alkotórészek kapcsolásban betöltött szerepe (munkapontbeállító és stabilizáló, egyenáramú leválasztást biztosító, váltakozó áramú földelést megvalósító alkatrészek). Ezek alapján a fokozat működése könnyen érthetővé válik.



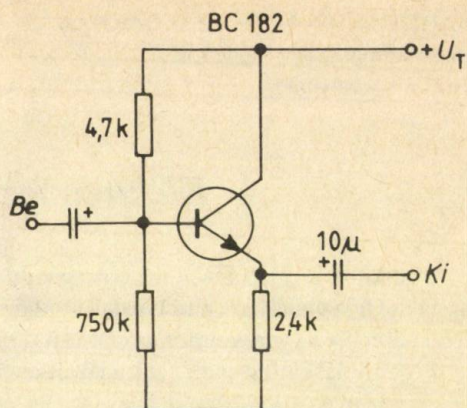
1. ábra Közös bázisú kapcsolás

Közös kollektorú kapcsolás (2. ábra)

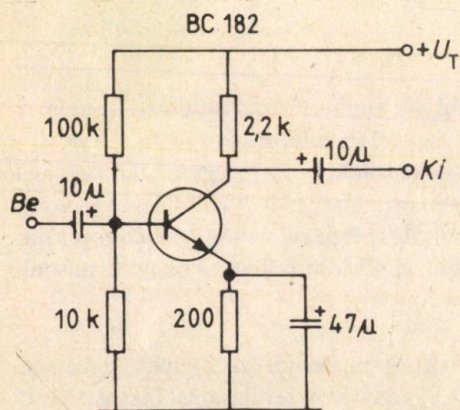
A kapcsolási rajz önmagáért beszél. Az előzőek szerint az egyes alkatrészek szerepe könnyen meghatározható, így a kapcsolás működése rögtön világossá válik. Ennek részletezésére most nem térünk ki, ehelyett inkább a nyomtatott minta tervezésével kapcsolatban említünk meg néhány fontos dolgot.

A tervezésnél fő szempont volt, hogy a nemzetközileg elfogadott és érvényben lévő szabványos 1/10 collos lábkiosztás szerint készítsük el a nyomtatási rajzot. Nem követünk el azonban nagy hibát akkor sem, ha az igen könnyen hozzáférhető négyzetrácsos (5x5mm) papírt használjuk a minta megtervezéséhez, ezzel ugyan eltérünk a 2,54 mm-es rasztertől (ez ugyanis 2,5 mm-es rasztert biztosít), azonban ilyen egyszerű felépítésű áramköröknél ez semmiféle hibát nem okoz.

A tervezés első lépéseként az áramkörök fő alkotóelemeit helyezük el (természetesen alulnézetben, ennek a többkivezetéses alkatrészek esetében van jelentősége), ezt követik a közvetlenül ezekhez csatlakozó elemek, majd az ezekhez csatlakozók, és így tovább. A nyomtatott rajz megtervezésénél nagy segítséget jelenthet az áramkör elvi vázlata, ezért ennek célszerű átalakításával kezdjük a munkát (természetesen csak akkor, ha erre szükség van). Az elkészült nyomtatási rajzot át kell vinnünk a fóliás lemezre, ennek első fázisa



2. ábra Közös kollektorú kapcsolás



3. ábra Közös emitterű kapcsolás

a furatok jelölése és elkészítése. Ezután a lemezt alaposan megtisztítjuk és vegyszerálló festékkel felvisszük a kívánt rajzolatot, majd a lemezt marató fürdőbe helyezzük. A kimart lemezeket tisztítás után beültethetjük. Akit a téma behatóbban érdekel, az tanulmányozza Dr. Szalay Miklós: Nyomtatott áramköri lapok amatőröknek (Elektronika sorozat MK 1984) c. könyvét.

Közös emitterű kapcsolás (3. ábra)

Az alkatrészekre és a tervezésre vonatkozó elgondolások azonosak az előzőekével. Ennél az áramkörnél egy konkrét mérést írunk le, amely alkalmas változtatással bármely áramkörre alkalmazható.

Egyenáramú mérések

Ennél a mérésnél az aktív és passzív elemek kapcsain mérhető feszültségeket, valamint az áramkör áramfelvételét mérjük különböző tápfeszültségek esetén. A mért feszültség-adatokból az ellenállások ismeretében kiszámíthatjuk az áramerősségeket, így a feszültségek és áramok ismeretében pontosan meghatározhatjuk az aktív elem munkapontját.

Váltakozó áramú mérések

Ezekben a mérésekben vizsgáljuk az áramkörök dinamikus működését. Ehhez szükségünk van valamilyen változtatható kimenő feszültségű oszcillátorra, valamint oszcilloszkópra. (Ez utóbbi célszerűen kétsugaras vagy kétsugarasított legyen.) Egysugaras oszcilloszkóppal a fázisviszonyokat Lissajous-módszerrel vizsgálhatjuk.

Mérési eredmények

Egyenáramú mérés $U_T = 10 \text{ V}$ $I_0 = 851 \mu\text{A}$

E	B	C
$T_1: 515 \text{ mV}$	649 mV	$8,5 \text{ V}$

Az ellenállások ismeretében. (3. ábra) $I_C = 681 \mu\text{A}$ $I_B = 170 \mu\text{A}$

Váltakozó áramú mérések

A maximális feszültség erősítés meghatározása az oszcilloszkóp ernyőkép és a hiteles osztóállások alapján meghatározható (8. ábra):

$$A_U = \frac{U_{ki}}{U_{be}}$$

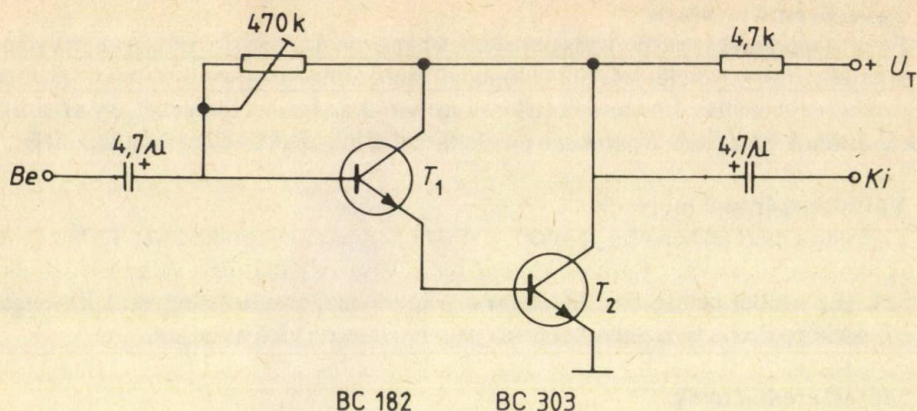
Erről az ábráról igen jól látszik a fázisfordítás ténye. Ugyanezt a jelenséget vizsgálhatjuk a Lissajous-módszerrel. Ellentétes fázis esetén egy balra dőlő görbét kapunk (9. ábra), azonos fázis esetén a görbe jobbra dől.

Kibővített kapcsolások és hangfrekvenciás erősítők

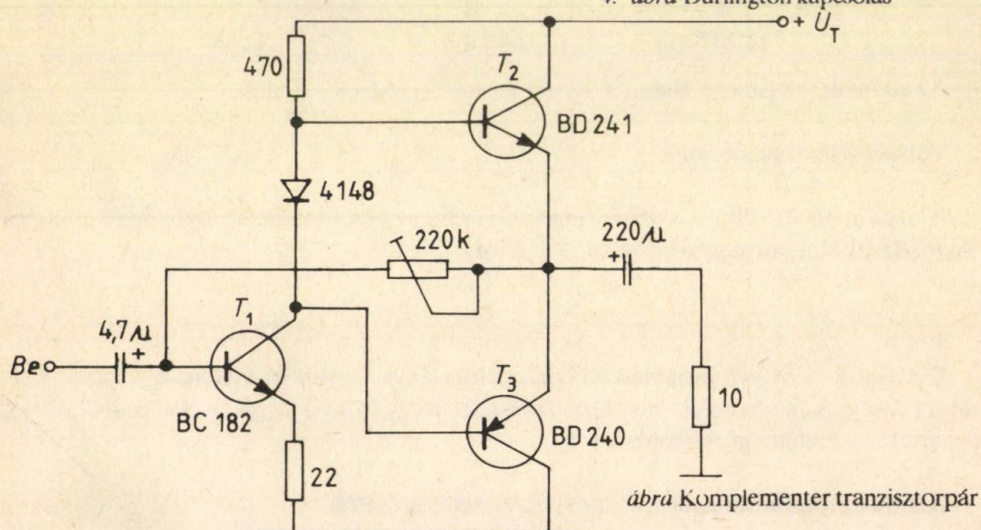
Jelen cikk célja nem lehet az, hogy minden kapcsolást részletekbe menően leírjunk, így általánosságban csak annyit szólunk, hogy tervezésükkor hasonló célok vezéreltek bennünket, mint az alapkapsolások megvalósítása során. Lényeges gyakorlati különbség: ezeknél a paneleknél már nincs minden mérőpont könnyen kezelhetően kivezetve, ui. ezeknél az áramköröknél már nagyobb jelentősége van az elvi működés megértésének. (Ezzel együtt a szükséges mérések természetesen elvégezhetők, csupán ellenőrzés céljából – az elmélet próbája a gyakorlat!)

A Darlington kapcsolás és a komplementer tranzisztorpár (4., 5. ábra)

Jellemző példák arra, hogy egy tranzisztoros fokozat áramerterhelését milyen módon lehet növelni. Megfelelő terhelés alkalmazásával – ami a Darlington fokozat esetén néhány száz 10... 100 Ohm (kívülről csatlakoztathatóan), a komplementer fokozatnál fixen beépített 10 Ohm – lehetőség nyílik az áram- és feszültségerősítés meghatározására.



4. ábra Darlington kapcsolás



5. ábra Komplementer tranzisztorpár

Komplementer rendszerű és integrált áramkörös hangfrekvenciás végerősítők (6., 7. ábra)

Létrehozásukkal az volt a cél, hogy konkrét alkalmazási példát lássanak a gyerekek a már megismert áramkörökre. Ezeket az áramköröket úgy terveztük, hogy kimeneteiket egy 2-15 Ohmos hangszóróval is lehet terhelni, így ezek az áramkörök már meg is színlathatók.

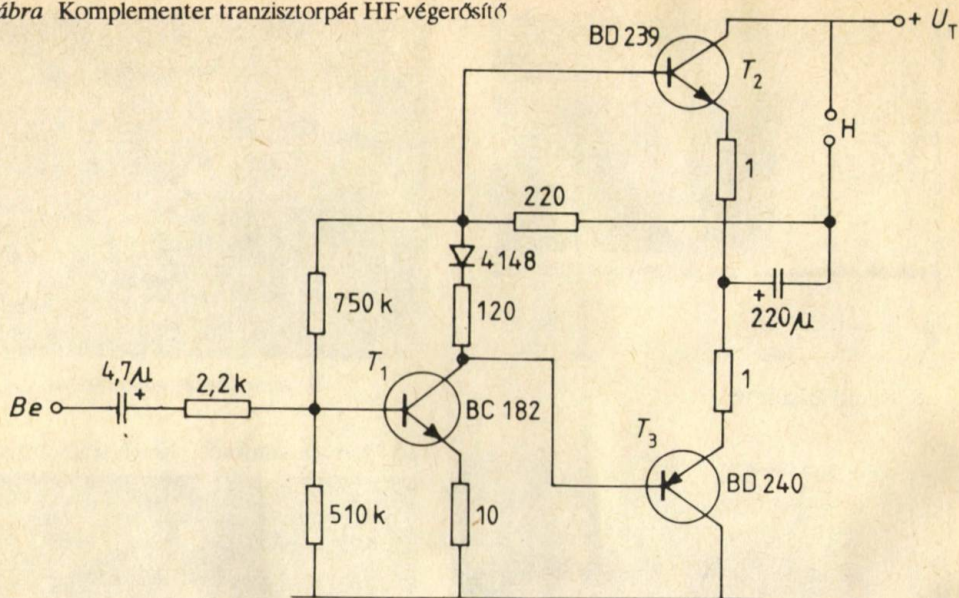
Ezen az áramkörökön (különösen a komplementer fokozaton) ugyanúgy vizsgálható a statikus és dinamikus jellemzők, mint az egyszerűbbekben. Itt nyílik lehetőség arra, hogy az erősítő torzítását összefüggésbe hozzuk az aktív elemek munkapontjával.

Mérési eredmények

Komplementer tranzisztorpár mérése (5. ábra)

Egyenáramú mérések $U_T = 10 \text{ V}$ $I_o = 10,35 \text{ mA}$

6. ábra Komplementer tranzisztorpár HF végerősítő



	E	B	C
T_1 :	236 mV	815 mV	5,16 V
T_2 :	4,69 V	5,1 V	10 V
T_3 :	4,69 V	4,35 V	0 V

Az ellenállások ismeretében $I_{C1} = 10,3 \text{ mA}$

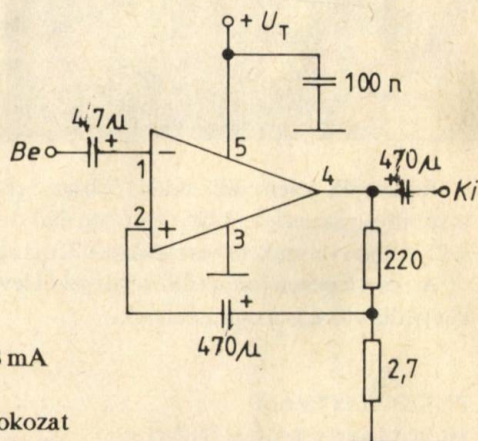
ebből és a nyugalmi áram értékéből kitűnik a fokozat hibája, ti. igen nagy a keresztvezési torzítása, ami a T_2 és T_3 munkapontjából adódik (kicsi U_{EB} !)

Váltakozó áramú mérések

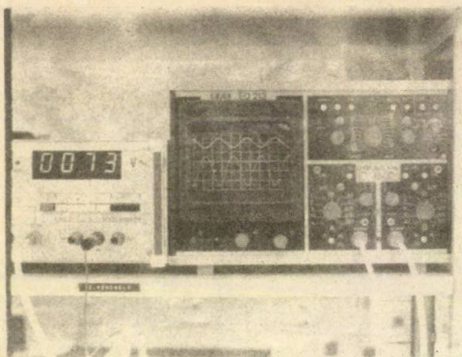
A feszültség-erősítés és a fázisfordítás egy oscilloszkóppal könnyen meghatározható (10. ábra lásd a címfotót!). Az ábrán látszik az előbb említett keresztvezési torzítás hatása a kimeneti jel (alsó görbe) ábráján.

A feszültség-erősítés ebben az esetben kisebbnek adódik, mint az előbb leírt mérésnél, azonban most figyelembe kell vennünk a tetemes áramerősítést is!

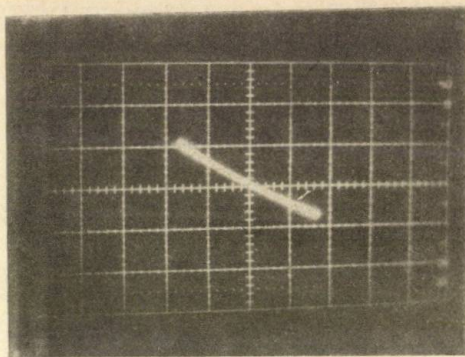
A mérések könnyítése céljából egy egyszerű, stabilizált tápfeszültséget (változtatható) és vizsgáló oszcillátorjelet biztosító egységet építettünk, amely az ábrán (11. ábra) mérés közben látható.



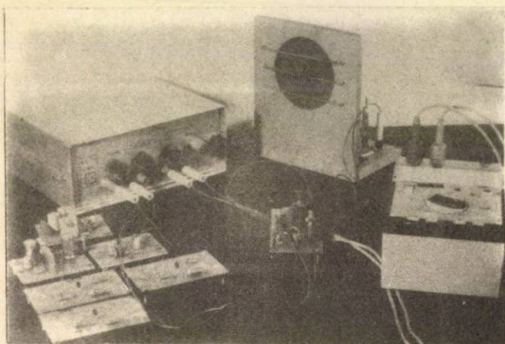
7. ábra Integrált áramkörök HF végerősítő



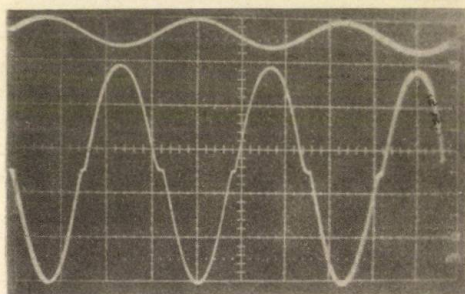
8. ábra Fázisfordítás



9. ábra Lissajous-módszer



10. ábra (L. címfotót!) Keresztezési torzítás



11. ábra A tanulókísérleti eszközök

Reméljük, jelen cikkünkkel több kollégának kedvet csináltunk az utánépítéshez, esetleg továbbfejlesztéshez. A bevezetőben említett másik két témakörbe tartozó áramkörök készülőfélben vannak, teljes elkészültük után róluk is szeretnénk hasonló formában hírt adni.

Az esetlegesen felmerülő kérdéseket levélben megválaszoljuk, az értékes észrevételeket pedig előre is megköszönjük.

PUSZTAI ISTVÁN

Magyar Optikai Művek, Budapest

Lézeres optikai demonstrációs készlet

A lézeres optikai elemkészlet a fizikaoktatás korszerű segédeszköze. Alkalmas a geometriai és fizikai optika tárgykörében tanulságos kísérletek elvégzésére, jól látható módon, nem teljesen elsötétített helyiségben is. A lézeres optikai elemkészlet tervezésénél a következő szempontokat vettük figyelembe:

- a/ Az eszköz méreteinél fogva szakköri, kiscsoportos vagy egyéni tanulókísérleteknél alkalmazható.
- b/ Az ár mérséklése érdekében egyszerű felépítésre törekedtünk: csak a feltétlenül szükséges beállítási lehetőségeket és elemeket építettük be a készletbe.

c/ Az elemkészlet nem univerzális optikai pad, ezért az egyes optikai elemek a célnak megfelelő korlátozott mértékben állíthatók, vagy az adott kísérlethez a megfelelő pozícióba helyezhetők. Természetesen a kísérletet végző személy képességeire nagyobb szükség van, mint egy precíziós optikai pad használatánál.

A készlet elemei

A lézer MOM gyártmányú, belsőtükrös, 1 mW kimenő teljesítményű He-Ne lézer fényforrás. 633 nm-es piros színű monokromatikus, kis átmérőjű, 1 mrad divergenciájú, térben és időben koherens fénnyalábot szolgáltat.

Az optikai elemek pozícionálását szolgálják a mechanikai elemek: egy függőleges beállítási lehetőséggel ellátott csatlakozót szereltünk a lézerre, melyhez a vízszintesen szabályozható sín illeszthető, az pedig a toldaléksínnel meghosszabbítható. Így egy kb. 900 mm hosszú „optikai padot” állíthatunk össze. Eerre helyezhetők fel az optikai elemek, méghozzá három különféle lehetőséggel.

a/ Az optikai elemet tartógyűrűbe helyezjük, azt a sínre tesszük. A beállító csavarok segítségével az optikai tengely a lézernyalábra fűzhető.

b/ Az optikai elemet villába fogjuk, és a vízszintes lovasba tesszük. A lovas a sínen csúsztható és rögzíthető.

c/ Az optikai elem mágnes segítségével a függőleges lovasra helyezhető, tájoló csapja körül elforgatható.

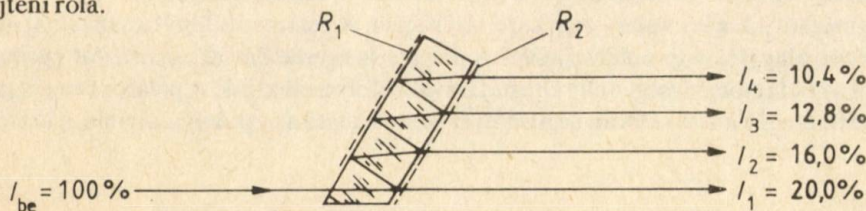
A fénytűt láthatóvá tételét szolgálja a display tank. Ebbe vizet és diszpergáló folyadékot kell tölteni.

Számítottunk arra, hogy az iskolák fizikaszertárában már bizonyos optikai elemek megtalálhatók. Ezért a menetes csatlakozók pl. a mikroszkópok objektívjének csavarmenetéhez igazodnak, hogy adott esetben ezeket az igen jó minőségű, rövid fókuszú lencsákat is lehessen alkalmazni. Az egyik tartógyűrűt diakeret megfogására alakítottuk ki, így a kereskedelemben megvásárolható rácsok és saját készítésű elemek (pl. hajszál, zsilettpenge) is rögzíthetők.

Ezeket túl tartozéka a kittnek egy szögtárcsa, mutató, display henger, ernyők, lyukak stb., amelyek egy vagy több kísérletben használhatók.

A fénytani kísérletek alapvető alkotórészei az optikai elemek: Három rövid (5 mm, 16,5 mm, 25,5 mm), két hosszú (90 és 146 mm) fókuszú gyűjtőlencse, egy 90 mm-es negatív lencse képezi a leképző optikát. Sík és kétoldalas gömbtükör, síküveg, hengerlencse, prizma, félhenger, síküveg, található a készletben a különféle jelenségek előállítására. Plexiből készült aszférikus és Fresnel-lencsék mutatják be az optikai elemek méretezését. Féligáteresztő tükrök, polárszűrő, száloptika-köteg segíti a kísérletek bemutatását.

Az egyik leglényegesebb elem a nyalábosztó. Ez arra szolgál, hogy az egyetlen lézernyalábot 4-5 párhuzamos, egymáshoz elhelyezkedő, eltérő intenzitású nyalábra bontsa. Első rendű szerepe van a képalkotással kapcsolatos kísérleteknél, ezért érdemes néhány szót ejteni róla.



Az üvegtest tükörrétegtől szabadon hagyott részén lép be a lézernyaláb. A részben áteresztő interferenciatükör reflexiója $R_2 = 80\%$, így 20% kilép, a többi visszaverődik. Az $R_1 = 100\%$ reflexiójú tükörről második visszaverődés után ismét a kilépő oldalon a maradék intenzitás 20% -a, azaz a belépő nyaláb 16% -a lép ki, és így tovább. Ha a trapéz alakú nyalábosztó ferde élét vízszintesre állítjuk, 4-5 értékelhető sugár lép ki, egymástól 3-4 mm távolságban. Az intenzitások eltérése jó támpontot ad a képhelyzet változásáról leképzés-nél, tükrözésnél.

A bemutatható kísérletek

Egyszerű alapkísérletek elvégzéséhez a lézeren kívül szinte nincs is másra szükség. A fény egyenes vonalú terjedését vizsgálhatjuk levegőben: krétaporral vagy dohányfüsttel tehetjük láthatóbbá. A display tank és diszpergáló folyadék segítségével láthatóvá tehető a fényút folyadékban. Ha ebbe fokozatosan festékanyagot keverünk, a fény abszorbeálódik, bemutatható az extinkció. A lézer fényét távoli falra vetítve megfigyelhető, mérhető és számítható a nyalábdivergencia. Ezt meg is változtathatjuk nyalábszűkítővel vagy -tágítóval.

A geometriai optikai kísérletek közül a reflexió bemutatására több lehetőség van: a szögtárcsa segítségével a fényvisszaverődés törvénye, a foglalt síktükör segítségével a felületi és hátsóbevonatos tükör közötti különbség, a kétoldalas gömbtükörrel a homorú és domború tükör képalkotása mutatható be. A diszpergáló folyadékkal töltött display tank a vízfelületen keletkező fénytörés, fényvisszaverődés és totálreflexió demonstrálására alkalmas.

Az üveg félhenger vizsgálata alapján bemutatható Snellus-Descartes törvénye, számítható az üveg törésmutatója. A síküveghasáb és a prizma fénytörése igen látványos. A nyalábosztóval előállított nyalábsor a lencsék, a tükrök képalkotásának vizsgálatát teszi szemléletessé. Itt kell megjegyezni, hogy a műanyag lencsemodelleket a display tankba helyezve bemutatható, hogy amelyik a levegőben „gyűjtőlencse”, az a nála sűrűbb közegben (pl. koncentrált konyhasó oldat) „szórólencse”.

A lézernek, mint monokromatikus fényforrásnak a fizikai optikai kísérletek területén mutatkozik meg elvitathatatlan előnye. A legegyszerűbb interferencia-előállítás a már említett nyalábtágító. Ehhez egy rövid és egy hosszú fókuszú gyűjtőlencsét kell elhelyezni oly módon, hogy fókuszpontjaik egybe essenek. A kitágított nyaláb elé helyezzük a síküveglemezt. Ha a nyalábtágító beállítása tökéletes, akkor a plánlemez két lapjáról a kialakult síkhullámfront miatt azonos fázisban verődnek vissza a sugarak, így homogén foltot látunk. Ha a két fókuszpont nem esik egybe, akkor csíkos interferenciaképet kapunk: annál sűrűbb csíkozattal, minél nagyobb az eltérés. Ugyanez a kísérlet a homorú lencsével elvégezve körös interferenciaképet ad. Interferenciát előidézhetünk még Lloyd-tükörrel is.

A fényelhajlás vizsgálatát végezhetjük a készlethez adott kisátmérőjű lyukakkal, vagy a tartóba helyezett zsilippenge élén, két penge közötti résen, diakeretbe fogott hajszálon vagy rácson, keresztrácson stb.

A belsőtükrös lézer fénye véletlenszerűen poláros. A poláros kísérletek első lépéseként összeállíthatjuk polarizátorként a Nörenberg-készüléket, bemutathatjuk Brewster törvényét, megmérhetjük a Brewster- vagy sarkítási szöget. A polározott fényt analizálhatjuk fényszóródás alapján, vagy polárszűrővel. A display hengerbe öntött cukoroldat optikai forgatását az oldat töménységének változtatásával befolyásolhatjuk. A poláros fény útjába helyezett, megfeszített celofán segítségével bemutatható az optikai aktivitás, a kettős törés.

A készlet tartozéka az úgynevezett „receptkönyv”, amelyben a fent szinte csak címszavakban leírt kísérletek részletes leírása megtalálható. Az összeállítást segíti a felhasználandó elemek azonosító számának, az elrendezés vázlatának, adatainak megadása. Számos kísérlet mérésre, számításra is alkalmas. Ezeknél az eredményekkel kapcsolatos rövid magyarázatot is adunk. Egyes esetekben több változatát is leírtuk a kísérletnek.

A Magyar Optikai Művek ez évben megkezdte a Lézeres optikai elemkészlet sorozatgyártását. Azok számára, akiknek már van lézerük, kiegészítő készlet néven lézer nélkül is forgalmazzuk. Az összes elemet egy diplomatafáská méretű hordtáskában helyeztük el: felhasználása nem helyhez kötött, könnyen hordozható.

Reméljük, hogy a Lézeres optikai elemkészlet hasznos eszköz lesz az ifjúság modern fizikai szemléletének kialakításában.

SZABÓ GÁBOR tanár

Kilián György Szakmunkásképző, Budapest

Modellkísérletek a szilárd testek vezetési sajátosságainak szemléltetésére

A bemutatott eszközök mindegyike plexiből készült és az írásvetítő alkalmazásával elsősorban a tanári demonstrációt segíti elő. Viszonylag könnyen kezelhetők, nem igényelnek nagy anyagi ráfordítást, ezenkívül a tanulók kezükbe is vehetik és játékos formában vizsgálhatják a vezetés különböző formáit.

1. A szilárd anyagok kristályszerkezete - térhatású kristály modellek

A szilárd anyagok vezetési tulajdonságainak a megértéséhez elsősorban a kristályrács típusok megismerése szükséges.

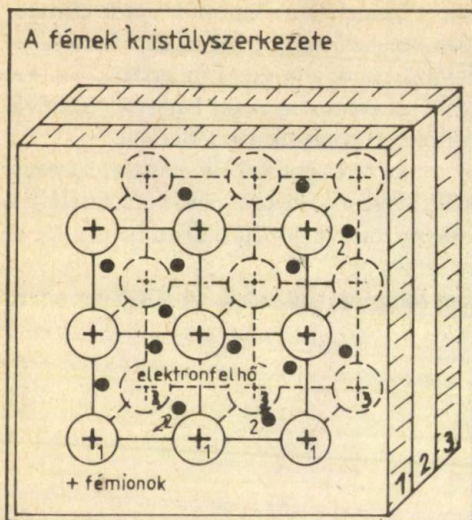
a/ A fémek kristályszerkezete (1a. ábra)

A pozitív fémionokat két, egymástól kb. 3 mm távolságban beállított plexi lapra kell rögzíteni. A két lap között pedig kb. 2,5 mm átmérőjű csapágygolyókat helyezünk el, amelyek jelentik a negatív töltésű elektronfelhőt. Ha a modellt a vízszintes helyzetéből kimozdítjuk különböző irányokba, a csapágygolyók rendezetlen mozgást végeznek, ütköznek a pozitív ionokkal és egymással.

b/ A félvezetők kristályszerkezete (1b. ábra)

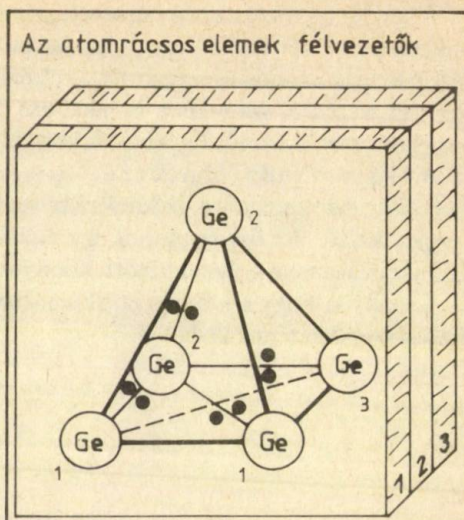
A félvezetők kristályszerkezetére egyrészt a tetraéderez térbeli elrendeződés jellemző, másrészt az a tény, hogy a külső elektronok kovalens kötés formájában kötött állapotban vannak. A kristály akkor válik térhatásúvá, ha az egyes számmal jelzett atomok a felső lapon, a kettes számmal jelzett atomok a középső plexi lapon, a hármas számmal jelzett atom pedig a legalsó plexi lapon van elhelyezve.

A fémek kristályszerkezete



1a ábra

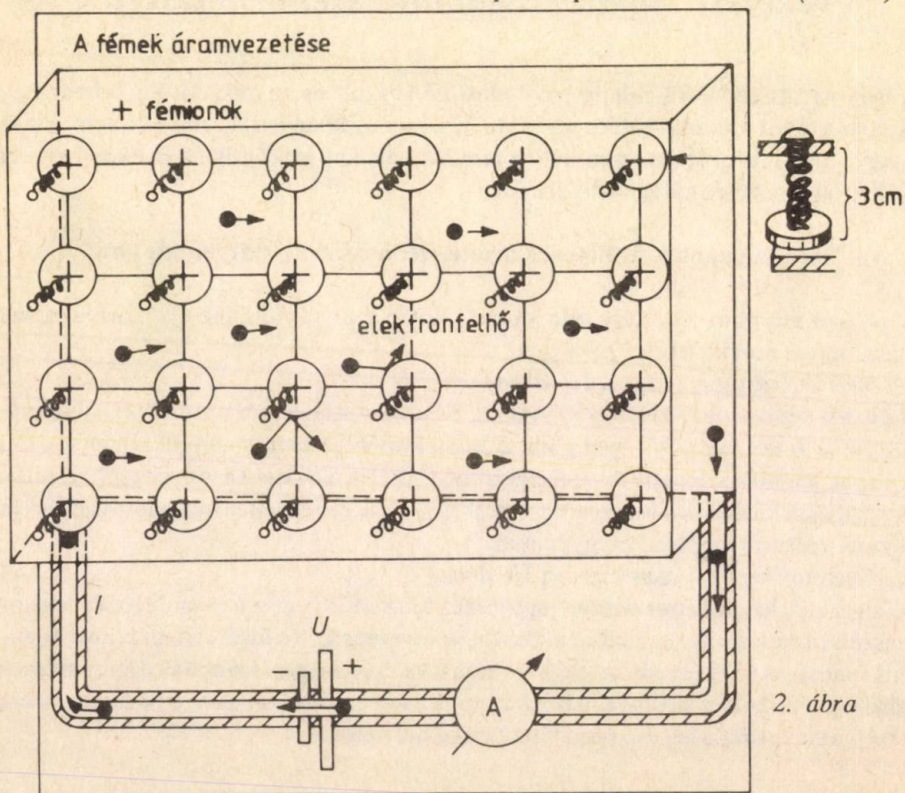
Az atomrácsos elemek félvezetők



1b ábra

2. A fémek áramvezetése

A 24 db pozitív fémiont jelképező plexi korongok csavarrugó segítségével és facsavar alkalmazásával az ábrán látható módon a felső plexi lapra vannak erősítve. (2. ábra)

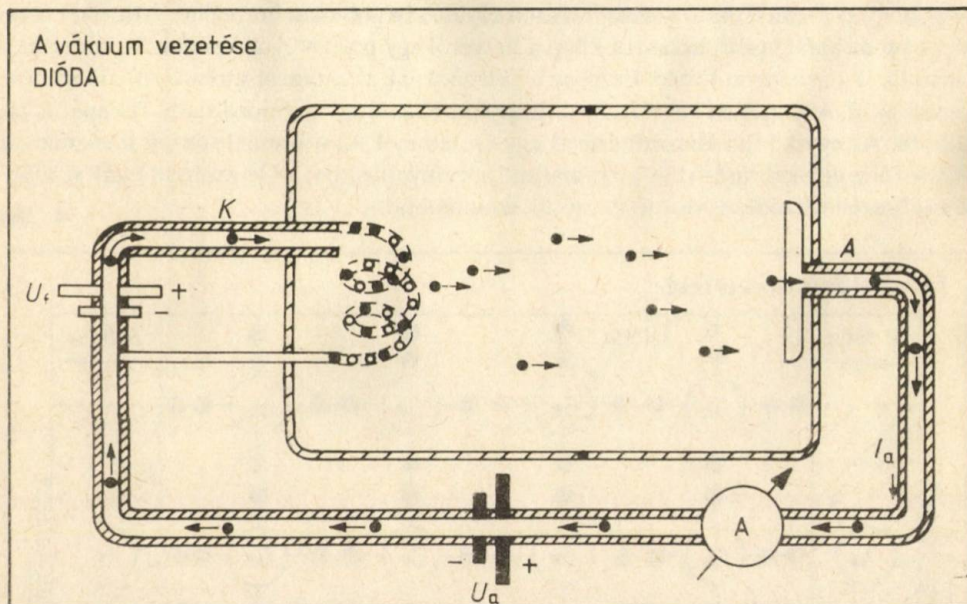


A korongok a legkisebb mozgathatóságra is rezgőmozgást végeznek. Ha a kissé lejtőre állított modellre csapágygolyókat helyezünk, azok elindulnak a kisebb potenciájú negatív pólus irányába. Közben természetesen ütköznek a rezgő pozitív fémionokkal. Miután a golyók végig gurultak a lejtőn, egy átlátszó plexialagúton keresztül vissza juttathatók a fémes vezető magasabb potenciájú helyére. A mozgathatóságot mérsékelve a rezgőmozgás csillapítható, így az ellenállás hőfüggése szemléltethető. A lejtő hajlásszögét növelve, az áramerősség feszültségtől való függése szemléltethető.

3. A vákuum áramvezetése

a/ Izzó elektromos hatás

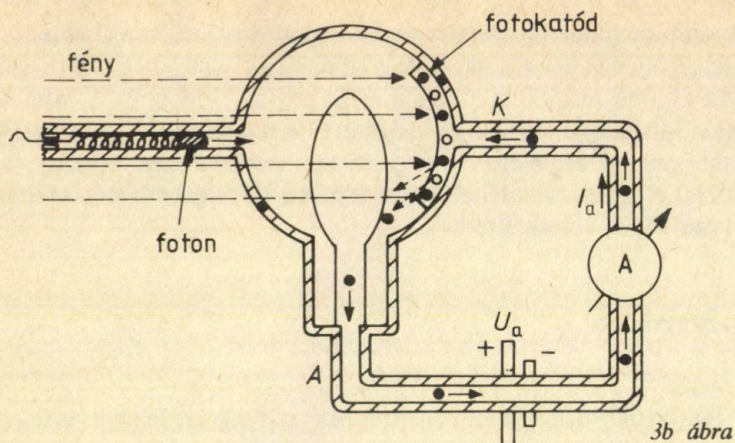
Dióda esetében, a fémkristály belsejéből az elektronokat hő hatására lehet a vákuumba juttatni. Az elektronok a fűtőszál mentén helyezkednek el kör alakú furatokban, mint a potenciál völgyben. A modell rezgetése esetén a furatokban lévő golyók mint elektronok nagyobb energiára tesznek szert mint a kilépési munka, így szabaddá-válva elindulnak az anód irányába. A rezgetést fokozva a fűtőfeszültségtől való függés, a lejtés szögét növelve pedig az anóddáramnak az anódfeszültségtől való függése szemléltethető.



b/ Fényelektromos hatás

3a ábra

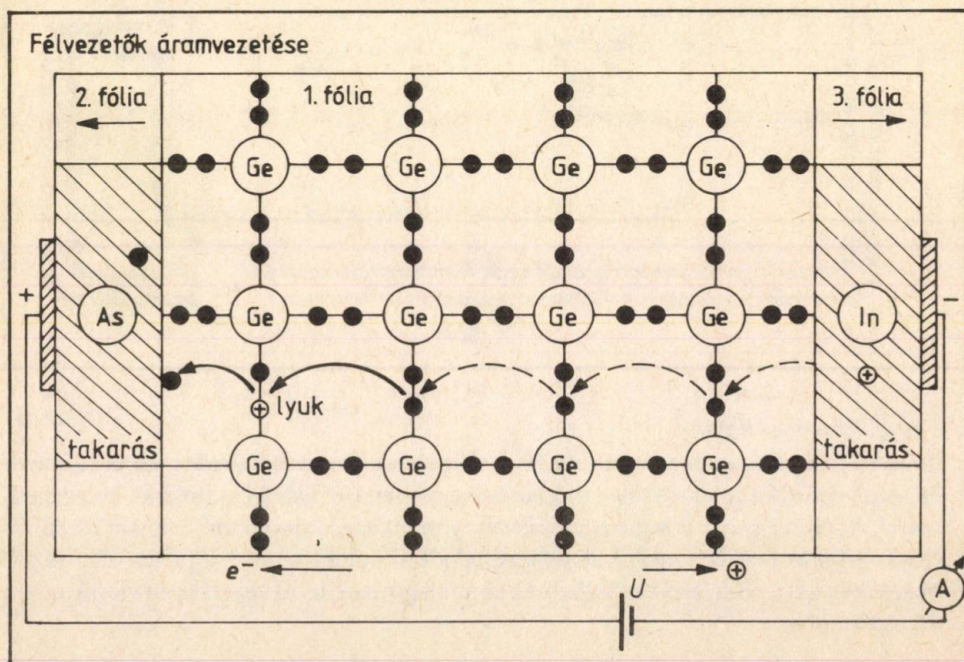
Fotocellánál a fotokatód anyagában lévő elektronok fotonok hatására válnak szabaddá. A modellenél az elektronok a diódához hasonlóan kör alakú furatokban helyezkednek el. A foton egy cérna segítségével összenyomott rugó közvetítésével gyorsítható fel és irányítható az elektronokra. A foton által kiütött elektronok, a lejtősen elhelyezett modellen az anód irányában haladnak és az alagútban, mint vezetékben vissza jutnak a fotokatódra.



4. Félvezetők áramvezetése (4. ábra)

A modell lehetővé teszi a Ge-kristály saját vezetésének szemléltetését. Ez úgy oldható meg, hogy az ábrán látható lyuksor mentén a lyukakba golyókat helyezünk. Miután az első elektron az anód vonzó hatására kilép a helyéről egy pozitív lyuk keletkezik, amelyet a második kötő elektron tölt ki. Ezzel az elektronoknak az atomról-atomra való lépkedése kezdődik el. A modellen két vízszintes irányban ellentétesen elmozdítható fóliapár is található. Az egyik fólia elmozdításával egy Ge-atomot As-atommal tudjuk kicserélni, a másik fólia elmozdításával In-atommal tudjuk ehlyettesíteni a Ge-atomot. Ezáltal a Ge-kristály szennyeződéses vezetését tudjuk szemléltetni.

4. ábra



Gimnáziumi tanulóink kvantummechanikai és szilárdtest-fizikai ismeretei

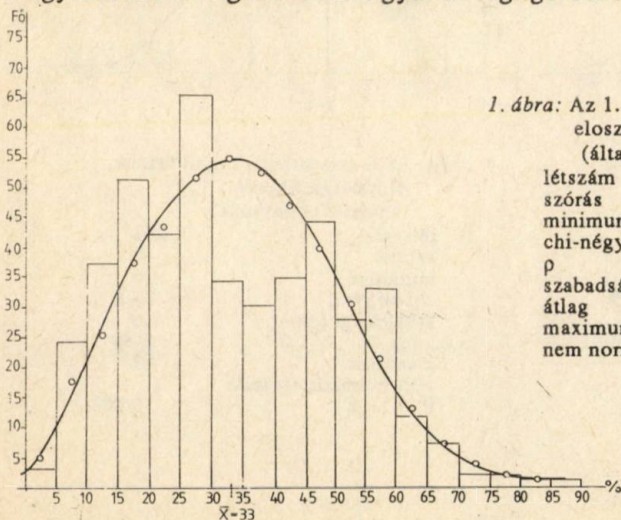
A magyarországi fizikatanításról egy 1988. évi nemzetközi felmérés alapján azt mondhatjuk, hogy világviszonylatban első helyen áll. Ennek ellenére mi, akik közvetlen részesei vagyunk e tanításnak, most - az előrelépés segítése céljából - gondokról, nehézségekről szeretnénk írni.

1986 tavaszán ellenőrző felmérést szerveztünk Zala, Vas és Győr-Sopron megye valamennyi gimnáziumában. Azt vizsgáltuk, hogy a tantervi reform előkészítésekor a sok lelkes tanár áldozatos munkájával folytatott *oktatási kísérlet* eredményeit milyen mértékben sikerül reprodukálni a tényleges iskolai gyakorlatban. A felmérőlapokról, a megoldások részletes mennyiségi elemzéséről már korábban írtunk a folyóiratban /1/. Most a tanulói megoldások szerkezetének vizsgálatával próbáljuk megtalálni a gyenge eredmények okait. A feladatlapok szövege a már említett cikkben található /1/. Az áttekinthetőség kedvéért néhány korábban közölt eredményt megismétlünk.

Az ellenőrző felmérés eredményei

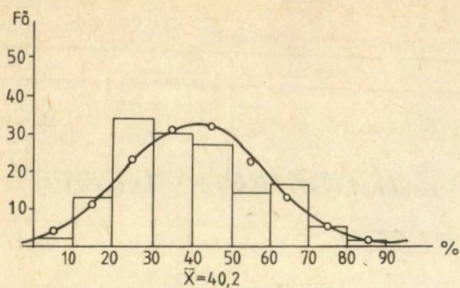
Az adatlapok értékelésekor megállapítható volt, hogy a gimnáziumi tanulók anyagszerkezeti ismeretei nagyon hiányosak. Az általános tanterv szerint fizikát tanulók 28%-os, a fizikából fakultatív tanterv szerint tanulók 35%-os átlageredményt értek el. A kvantummechanikai ismeretek átlagos elsajátítási szintje 35+17 százalékos, a szilárdtest-fizikai ismeretek elsajátítási szintje 23+12 százalékos.

Az ellenőrző felmérés során olyan tanulói mintával dolgoztunk, hogy a centrális határelosztás tételre támaszkodva mérés nélkül feltételezhattük a minták normális eloszlását. A feladatlapok eredményei azonban nem mutattak normális eloszlást: 30% körüli átlageredményű, erősen a gyengébb eredmények irányába tolódott, nagyszórású és ingadozó mért gyakorisági görbékét kaptunk /1- 6. ábra/.



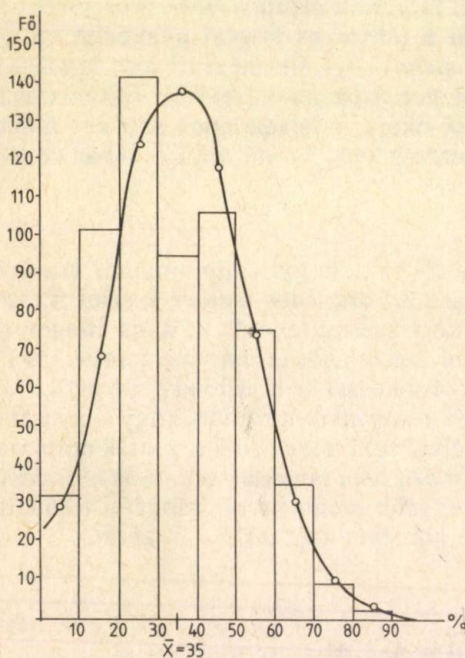
1. ábra: Az 1. feladatlap megoldásának eloszlásgrafikonja (általános tantervűek)

létszám	453
szórás	17
minimum	2
chi-négyzet	48.5
p	0.001
szabadsági fok	11
átlag	33%
maximum	85
nem normális eloszlás	



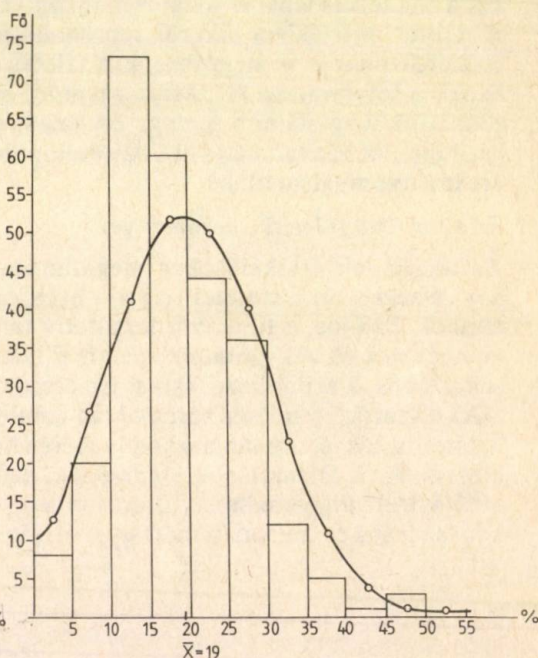
2. ábra: Az 1. feladatlap megoldásának eloszlásgrafikonja (fakultatív tantervűek)

létszám	142
szórás	17
minimum	7
chi-négyzet	18
szabadsági fok	11
átlag	40,2%
maximum	83
nem normális eloszlás	
P	< 0.001



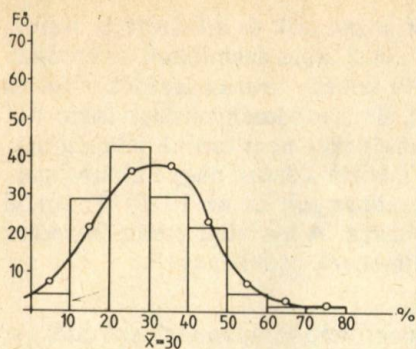
3. ábra: Az 1. feladatlap megoldásának eloszlásgrafikonja

létszám	595
szórás	17
chi-négyzet	36.3
szabadsági fok	6
átlag	35%
nem normális eloszlás	
P	< 0.001



4. ábra: Az 2. feladatlap megoldásának eloszlásgrafikonja (normál tantervűek)

létszám	263
szórás	10
minimum	0
chi-négyzet	36.8
szabadsági fok	6
átlag	19%
maximum	63
nem normális eloszlás	
P	< 0.001



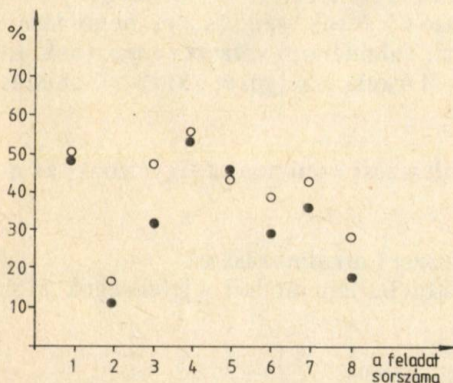
5. ábra: A feladatlap megoldásának eloszlásgrafikonja (fakultatív tantervűek)

létszám	135
szórás	13
minimum	9
chi-négyzet	31.6
szabadsági fok	8
átlag	30%
maximum	74
nem normális eloszlás	
P	< 0.001

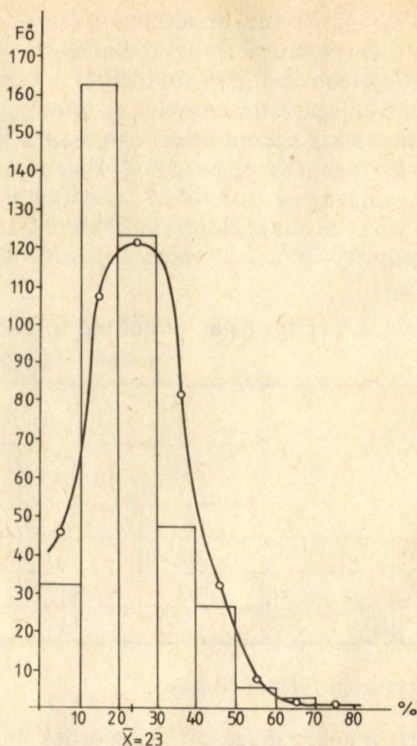
6. ábra: Az 2. feladatlap megoldásának eloszlásgrafikonja

létszám	398
szórás	12
chi-négyzet	37.6
szabadsági fok	3
átlag	23%
nem normális eloszlás	
P	< 0.001

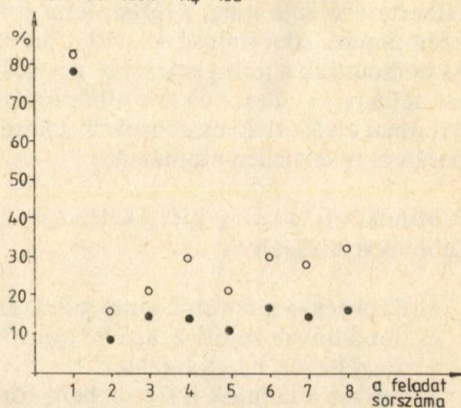
- általános tantervűek $N_1 = 453$
- FAKT-osok $N_2 = 142$



2. ábra: Az első feladatlap megoldásai



- általános tantervűek $N_3 = 263$
- FAKT-osok $N_4 = 135$



8. ábra: A második feladatlap megoldásai

Külön kiszámítottuk az általános tanterv szerint tanulók és a fakultatív fizika-tanterv szerint tanulók átlageredményeit is. A 7. és 8. ábra szemlélteti az eredményeket. Csaknem minden feladatnál a fakultatív tanterv szerint tanulók /"faktosok"/ érték el jobb eredményeket. A zömében 50% alatti eredmények és a "faktosok" viszonylagos kis száma miatt azonban a különbségeket nem tartjuk jelentősnek. Feltűnőek viszont az egyes tanulók és az egyes iskolák közötti nagy különbségek.

Az 1. táblázat az ellenőrző felmérés főbb eredményeit és az 1976/77. tanévi oktatási kísérlet megfelelő eredményeit tartalmazza. A kísérleti eredményekhez képest mintegy 20 százaléknyi a tanulói teljesítmények csökkenése.

1. táblázat

Az oktatási kísérlet és az ellenőrző felmérés megfelelő feladatainak százalékos megoldási eredményei

	FELADATLAP				ÖSSZESEN	
	1.		2.			
	K	E	K	E	K	E
FAKT	47	40	37	30	42	36
NORMÁL	52	34	56	19	54	28
ÖSSZESEN	50	35	53	23	52	31

K=az oktatási kísérlet idején

E=az ellenőrző felméréskor

A megértési nehézségek feltárása érdekében azt kutattuk, hogy a kérdések melyik részének megválaszolásával érték el a tanulók a már említett eredményeket, azaz összeszámoltuk, hogy hányan használták a megoldások lényegét képező fogalmakat, modelleket, törvényeket. Eredményeinket százalékos formában tartalmazza a 2. és 3. táblázat. /Az 1. felmérőlapból 472-t, a másodikból 250-et elemeztünk./Ezen táblázatok számértékeiből a megoldások jellegére is következtethetünk. A használt rövidítések értelmezését az elemzési szempontok most következő ismertetése adja meg. /Aláhúzással jelöljük a táblázat rövidítéseit./ Az elemzési szempontok ismertetésével párhuzamosan megadjuk az elért %-os eredményeket, és bemutatjuk a jellegzetesebb "gondolkodtató kérdések" szélsőséges megoldásait is: néhány jó választ és sok hibás elképzelést. Valamennyi választ elemeztünk, itt azonban elsősorban csak azokról a kérdésekről írunk, amelyeket a kísérleti oktatás során is részletesen elemeztünk.

Mindkét feladatlap kiértékelésekor öt fő elemzési szempontra figyeltünk; az alábbiakat vizsgáltuk:

1. Képesek-e a tanulók a modellek értelemszerű alkalmazására?
2. Hatékonyan segíti-e az elektronról tanított hullám modell a jelenségek jobb megértését, magyarázatát?
3. Értik-e a tanulók a Heisenberg-törvényt?
4. Értik-e a szilárdtestek energia sáv szerkezetét?
5. Meghatározó szerepet tulajdonítanak-e a kísérleteknek?

2. táblázat

Az 1. felmérőlap megoldásainak elemzése

/Az elemzett minta százalékban kifejezett eredményei/

A minta elemszáma: általános tantervű 356 jele: N
 fakultatív tantervű 116 jele: F
 Összesen 472 tanuló

	Kód	N	F	Összesen
1.1	golyómodell	64	73	67
	hullámmódel	57	23	49
	mindkettő	25	22	24
1.2	hullámmódel	15	21	17
	részecskemódel	20	23	21
	mindkét módel	6	7	6
	kísérlet	2	2	2
	"láttam"	3	2	3
1.3	érvényes	42	54	45
	megfigyelhetetlen	4	16	7
	érvényes, de megfigyelhetetlen	24	35	27
1.4	definíció	94	95	94
	hullámalak	12	22	15
1.5	Coulomb	62	63	62
	Heisenberg	44	35	42
1.6	Heisenberg	38	47	40
	indoklás	23	36	26
1.7	Coulomb	55	57	55
	Heisenberg	30	29	30
	energiaminimum	31	47	35
1.8	Energianívók	27	35	29
	állóhullámok	22	20	22
1.9	kísérlet	1	2	1
1.10	probléma	37	34	36

3. táblázat

Az 2. felmérőlap megoldásainak elemzése

/Az elemzett minta százalékban kifejezett eredményei/

A minta elemszáma: általános tantervű 164 jele: N
 fakultatív tantervű 86 jele: F
 Összesen 250

	Kód	N	F	Összesen
2.1	megengedett	93	93	93
	tíltott	90	94	91
2.2	vákuum	27	30	28
	Broglie	4	7	5
	hullám	5	10	7
	sáv	9	20	13
	hullám és sáv	0	0	0
	vákuum-fém	1	14	5
2.3	vezetési sáv	32	57	40
	félíg betöltött sáv	13	29	19
	sávátfedés	27	22	25
	szennyezés	10	7	9
	energiaközlés	10	20	13
	lyukak	10	12	11
	mind az öt eset	0	0	0
2.4	energiasávszerkezet	34	42	37
	golyómodell	2	0	2
	hullámmodell	2	0	2
	sáv szerkezet és golyómodell	1	1	1
	golyómodell és hullámmodell			
2.5	sáveltűnés	7	20	12
	szerkezetváltozás	32	56	40
	hullámkép	9	3	7
	sáv és hullám	0	0	0
	kísérlet	0	15	15
2.6	sáv szélesség	4	8	6
	kisugárzás	40	57	46
	LEO	1	3	2
	entrópia	25	24	25
2.7	sáv szélesség	18	21	19
	sugárelnyelés	38	65	48
	áramvezetés	3	6	4
2.8	fémnél golyómodell	49	49	49
	töltéshordozó növekedés	14	45	28
	hatások	9	3	7
	hullámkép	4	23	10
	sávmodell	6	12	8
	modell-szétválasztás	9	5	8
	golyó-sáv-hullám	1	5	2
2.9	kísérlet	4	3	4
2.10	probléma	16	23	18

1. Képesek-e a tanulók a modellek értemszerű használatára, azaz felismerik-e a modellek érvényességi határait?

1.A Az 1.1 feladatnál az elektron golyómodelljét vagy a hullámmodellt alkalmazták-e, vagy mindkettőre hivatkoznak? /Ezen legutolsó szempont vizsgálatát a dolgozatokban lévő sok ilyen jellegű válasz miatt végeztük el./ Bár a részecskemodell alkalmasabb a jelenség leírására, mégis a tanulók fele a hullámmodellre gondol először, arról is részletesen és a megoldás végén néhányan odaírták: "Az ernyőre való becsapódáskor azonban a részecskét oszthatatlanul, egyetlen helyen találjuk - itt tehát golyóval modellezhető." /Legtöbbször az "elektroncső" említésére katódsugárcsőre gondoltak./ A tanulók 24%-a nem részesíti előnyben egyik modellt sem, tömören ennyit írnak: "Hullámnak és golyónak is." Van, aki így ír: "Van-e egyáltalán olyan, hogy elektron? Nem csak az ember találta ki?" A tanulók 67%-a a golyómodellről ír részletesen, legtöbbször értelmesen, indokolva, de akad néhány ilyen válasz is: "Golyónak képzelem, mert az elektronágyú nem hullámokat bocsát ki, hanem golyókat lök ki."

1.B Az 1.2 feladatnál felismerik-e, hogy a fény hullámmodelljét kell alkalmazni a rácson történő áthaladáskor és a részecskemodellt a becsapódásnál? Hivatkoznak-e mindkét modellre? A tanulók 17%-a csak a hullámtulajdonságokra, 21%-uk csak a részecsketulajdonságokra figyel, és csupán 6 %-uk alkalmazza helyesen mindkét modellt. Az általános észrevételek megegyeznek a kísérleti oktatásnál tapasztaltakkal. Többször összevetik az optikai rácsot az elektron rácsával. Idézetek a tanulói válaszokból. "Egyetlen foton is képes interferenciára. - Az egész ernyő felfénylik minden megérkező foton után. Az ernyőn becsapódva golyó természetűek, egy helyen villan fel a ernyő." Az eredmények azt mutatják, hogy az elemi részek "kettős természetét" többen megtanulták, de az alkalmazás feltételeit ők sem látják világosan. Sokszor szó szerint idézik a könyv mondatait, de következtetés kimondására képtelenek.

1.D A 2.B feladatnál hivatkoznak-e a sávmodellre, fémnél a golyómodellre, és felidéződik-e a tanulóknak a hullámkép? Az elemzett feladatlapokon a hivatkozások százalékos eredményei rendre: 8%, 49%, 10%. Mindhárom modellre hivatkozott 2%. Gondos megfontolás után döntött az alkalmas modell mellett a tanulók 8%-a /"modell-szétválasztása"/. Ezek a tanulók le is rajzolták a jelenség megértését elősegítő hullámképes kísérleteket. Leírásukból látszik, hogy ténylegesen látták is ezeket a kísérleteket /1. még az 5.C pontot/. Mindhárom modellel találkozunk a tanulók 2%-ánál /"golyó-sáv-hullám"/. A fenti eredmények azt mutatják, hogy csak nagyon kevés tanuló képes a tanult modellek értelemszerű használatára.

2. Hatékonyan segíti-e az elektronról tanított hullámmodell a jelenségek jobb megértését, magyarázatát?

Külön is vizsgáltuk az alábbi kérdéseket:

2.A A direkt kérdésre hullámképpel válaszolnak-e az 1.1 feladatnál? Mint már írtuk, az eredmény 49%.

2.B Felszólításra használják-e a hullámmodellt az 1.B feladatnál /"állóhullámok"/? Az eredmény 22%. Hasonlóan a kísérleti oktatás tapasztalataihoz, most is több esetben láttuk, hogy az elektron, a foton és az atom fogalma nem különül el a tanulóknál. Idézetek: "Az elektron természete a fotonéhoz

hasonló. Gerjesztett állapotból alapállapotba tér vissza mind a kettő. – A hidrogéngáz kibocsátási vonalas színképe is elektronhullámokból áll. – Az elektron interferenciára képes, tehát az ernyőre becsapódáskor fényes, illetve sötét kibocsátási színképvonalak keletkeznek."

2.C Indirekt kérdésnél gondolnak-e a hullámmodellre az 1.2, 1.4, 2.2, 2.4, 2.5 és a 2.9 feladatnál? Az elért eredmények rendre: 17%, 15%, 7%, 2%, 7% és 10%.

2.D A tanulók tudják-e terjeszteni a bennük élő hullámképet, azaz el tudják-e képzelni a makroszkopikus testeket is hullámok összegeként az 1.3 feladatban? A tanulók 7%-a csak azt írta, hogy a makroszkopikus testek hullámtulajdonsága megfigyelhetetlen; 45%-uk állítja a Broglie-törvény érvényességét, és 27% ad ilyen teljes választ: "Érvényes, de megfigyelhetetlen." Többen leírják a megfigyelhetetlenség néhány okát is. A fentiek azt mutatják, hogy a legtöbb tanulónál az elektron hullámmodellje nem vált problémák megoldására alkalmas eszközzé. Az első két fő elemzési szempontunk szerinti vizsgálódásaink alapján azt állíthatjuk, hogy az 1985/86-os tanévben lévő tankönyvben kissé erőltetett, túlhajtott a hullámmodell állandó szerepeltetése. A tankönyv sokat foglalkozik a modellekkel, mégsem adja meg egyértelműen, és nem véseti be a tanulók emlékezetébe a hullámmodell alkalmazásának határait. Univerzálisan kívánja használni a modellt. A diákok ezt a szándékot fel fogják, és olyan esetekben is hullámképpel válaszolnak, amikor nem ez a modell a legalkalmasabb az adott jelenség értelmezésére.

3. Értik-e a tanulók a Heisenberg-törvényt?

3.A Feltudják-e idézni a törvényt ismert anyag esetén az 1.5. és 1.7 feladatban?

3.B Problémahelyzetben tudják-e alkalmazni a törvényt az 1.6 feladatban?

A tankönyv a Heisenberg-törvényt hullámanalógiával értelmezi, a végső megfogalmazásban azonban a hullámfogalomnál egyszerűbb mechanikai fogalmak szerepelnek. Ezzel magyarázható a törvény ismereténél, sőt még az alkalmazásánál is tapasztalható viszonylag jó eredmény: a feladatok fenti sorrendjében 42% és 30%, illetve 40%.

4. Értik-e a tanulók a szilárdtestek energiasávszerkezetét?

4.A Tudják-e a definíciót a 2.1 feladatban /"megengedett"/, "tiltott"/? A definíciót megtanulták: az eredmény több mint 90%-os.

4.B Rendszerezni tudják-e a sávmélethez vonatkozó ismereteiket a 2.3 feladatban?

A rendszerezés műveletét már csak kevesen végezték el.

A vezetési sávról a tanulók 40%-a írt. A félig betöltött sáv fogalma már csak a vizsgált dolgozatok 19%-ában szerepel. Ritkán találkozhatunk a sávátfedés /25%/ és a lyukak /11%/ fogalmával. Kevesen írtak a szennyezés szerepéről /9%/ és az elektronok gerjesztéséről /"energia" 13%/.

4.C Értelemszerűen használják-e a sávméleti ismereteiket a 2.2, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7 és a 2.8 feladatban? Az elektronok energiasávszerkezete a tankönyvi feldolgozás alapján a tényleges iskolai gyakorlatban nem vált problémák megoldására alkalmas eszközzé. Ezt mutatják az elért eredmények, amelyek a fenti kérdésben szereplő sorrendben: 13%, 37%, 12%, 6%, 19% és 8%. Ezen százaléktételek - mint már leírtuk - nem az adott feladatok megoldási

százalékai, hanem azt mutatják, hogy a részletesen megvizsgált 250 felmérőlap hány százalékában használtak a diákok a feladatok megoldásakor sávméleti fogalmakat. Sok esetben e szavak használata formális. Néhány tanulónak a "sáv" a szilárdtest egy tényleges részét jelenti, ezt mutatják az ilyen jellegű válaszok: "Az elektron bekerül a vezetési sávba, és abban gurul tovább. A megengedett energiasáv a vezetőknél az a rész, amelyen /!/ az elektronok átáramolhatnak a töltött sávrészből az üresbe. A megengedett energiasávokban folyhat áram, energia, a töltött sávban nem. Megengedett sáv: az elektronok szabadon áramolhatnak a töltött sáv és az üres sáv között." Ezt a tényt mi elsősorban a kísérletek hiányával magyarázzuk. Mivel - a legtöbb esetben - nem volt sem modell kísérlet, sem tényleges jelenségbemutató vagy mérés, a fogalomkialakító, modellt értelmező tankönyvi rész éppúgy csak *szöveg* volt, mint a tényleges mérésekről, a valóságról szóló fejezetek. Végül egy "gondolkodtató feladat" néhány megoldástípusát ismer-tetjük.

A 2.5 feladatnál sokan nem jól értelmezték a "mechanikai hatást", és egyszerűen melegítésről írnak. Mások jól látják, hogy anyagszerkezeti változást kell elérni a cél érdekében, de ezt mechanikai hatással nem tartják megvalósíthatónak. A szilárdtest-fizikai látásmód hiányáról árulkodnak azok a megoldások, amelyek azt írják, hogy "mechanikus úton lehet az atomok szerkezetét átalakítani". Többen nem tudtak elszakadni a tényleges anyagdaraboktól, nem tudtak a sávmélet fogalmkörében gondolkodni. Például "A szigetelőt nem lehet átalakítani, mivel elektronokat nem lehet vezetővé alakítani, ha a belsejébe vagy a felületére fémes anyagot viszünk." A fentiekhez hasonló negatív tapasztalataink a kísérleti oktatás során is voltak.

5. Meghatározó szerepet tulajdonítanak-e a tanulók a kísérleteknek?

5.A Utalnak-e a kísérleti igazolás lehetőségére az 1.2 és a 2.5 feladatnál? Lényegében nem, hisz rendre csupán a dolgozatok 2, illetve 5%-ában van ilyen utalás.

5.B Írnak-e a tanulók arról az *élményükről*, hogy fénnel látták az 1.2 kérdésben szereplő keresztezett rácskísérletet? Nagyon kevés tanuló, csupán 3% említi a kísérletet.

5.C Külön vizsgáltuk, hogy a tanulók utalnak-e valamilyen kísérletre a fent említett eseteken kívül? A tanulók 1%-a tett ilyent.

A fizikai kísérletekkel kapcsolatosan az oktatási kísérleteknél tapasztaltakkal éppen ellentétesek a tényleges iskolai gyakorlatból levonható következtetések.

5.D A kísérletekhez kapcsolódik az a tény is, hogy a tanulók egy kicsit is jártasak-e az elektronikában, gondolnak-e gyakorlati alkalmazásra elméleti kérdésnél. A 2.6 feladatban alkalom nyílt a fényt emittáló dióda, a LED említésére. A tanulók 2%-a irt a LED-ről.

A fenti tények és sok egyéb tapasztalat is azt mutatja, hogy a gimnáziumi fizikatanítás szinte teljesen elméleti fizikai oktatássá vált. Elsősorban az időhiány miatt még a demonstrációs kísérleteket sem végzik el a legtöbb iskolában, a tanulók manuális foglalkoztatásához pedig végképpen nincsenek meg a feltételek. Ezt a tényt tartjuk a jelenlegi gimnáziumi tanítási gyakorlat legsúlyosabb hibájának, hisz a reformtantervek készítői a tananyag sikeres elsajátításának alapfelté-

teleként kezelték a jelenség bemutatását és a tanulók állandó aktív közreműködését: gondolkodtatását, közvetlen tapasztalatszerzését.

A jelenlegi középiskolai fizikatanítási gyakorlat nehéz helyzetbe hozza a felsőfokú oktatási intézményben fizikát oktató tanszékeket. A tanárképzésben így vetődik fel a kérdés: Hogyan lehet — és lehet-e egyáltalán — a középiskolában kevés kísérletet látott hallgatókból kísérletező tanárokat nevelni? A Berzsényi Dániel Tanárképző Főiskola Fizika Tanszékén, munkahelyemen, külön kutatócsoportot hoztam létre ennek a kérdésnek a vizsgálatára. Eddigi próbálgatásaink: A fizika szóbeli felvételi vizsgán egy-egy bemutatott fizikai jelenséget kell értelmezni, egyszerű alpmérést kell végezni a jelölteknek. Bízunk abban, hogy ha a módszer elterjed, visszahat majd a középiskolai fizikatanításra. Szemináriumokon, laborgyakorlatokon gyermekjátékok segítségével fejlesztjük a hallgatók képességét. Laborgyakorlaton kreativitást és önálló eszközösszeállítást is igénylő feladatokat is adunk. Eszközpépítő szakkört működtetünk, szorgalmazzuk a kísérleti témájú TDK-dolgozatokat és szakdolgozatokat. Előnyben részesítjük az eszközzel egybeépített összeállításokat.

A "Mit nem ért atomfizikából?" /"probléma"/ kérdésre adott válaszok között reális gondokkal és abszurd magatartást tükröző válaszokkal egyaránt találkozhatunk. "Az elektron modellje túlságosan elvont: hullám és mégsem hullám; golyó, de mégsem golyó. - Az elektron elhelyezkedését nem értem. Miért van az, ha tudják az elektron sebességét, nem tudják; hogy hol van? - Az teljesen értelmetlen, hogy egyetlenegy elektront egy "pacának" képzeljek el. Ezt az elektronmodellt matematikai ismeretek nélkül nem lehet megérteni.

- A tankönyv szerintem nem törekszik arra, amit ez a feladatlap le szertne mérni, hogy elgondolkoztassa az embert. - OK, minden, ha tanulok. - Egyedüli problémás anyag: a függvény tulajdonságai. - Az atomfizika - számomra - egy elég világos, könnyű anyag. Sajnos, már elég sokat felejtettem. - A sugárcsövek távol állnak tőlem. Akkor megtanultam, de már rég elfelejtettem. - Az egész atomfizika egy nagy hülyeség. Az egyetemen kéne tanítani, ahol vannak szemléltetőeszközök, és ahol meg is tudják értetni az anyagot az emberrel."

Következtetések

Ellentmondás van az oktatási kísérletek eredményei és a kísérleti oktatáshoz képest jelentősen megváltozott körülmények között folyó tényleges iskolai gyakorlat során tapasztalt eredmények között. Ez a tény azt mutatja, hogy nagyon mértéktartónak kell lennünk az oktatási kísérletek eredményeinek általánosításakor.

A tanítás és a tanulás feltételei három fő területen változtak.

1. A IV. osztályos gimnáziumi fizikatananyag szilárdtest-fizikai részének tankönyvi és tényleges iskolai feldolgozása is jelentős mértékben különbözik a kísérleti oktatás során alkalmazott jelenség- és kísérletcentrikus feldolgozástól.
2. Az elsajátítandó tananyag nagy mennyisége, a fizika alacsony heti óraszám, az egyetemi és főiskolai felvételi vizsgák feladatcentrikussága a reformtörvények szellemével teljesen ellentétes módon nemcsak a tanulói méréseket, hanem még a demonstrációs kísérletek jelentős részét is kiszorította az oktatásból.

3. A kísérleti tanítás időszakával ellentétben 1986-ban már nemcsak a fizikát, hanem minden más tantárgyat is megnövekedett terjedelemben, esszé stílusban tanítanak. A helyzet javítására azt javasolhatjuk, hogy vissza kell állítani a gimnáziumi fizikatanítás kísérletező, induktív jellegét. jelentős mértékben csökkentett, de részletesebben feldolgozott tananyagot kell tanítani, időt hagyva a fogalmak kialakulásához; sok gyakorlási lehetőséget biztosítva a teljes megértéshez, a bevéséshez.

Az 1986-ban végzett felmérés minőségi elemzése bebizonyította, hogy a tudományos szempontból a valóság pontosabb leírását adó modellek tanítása sok tanuló számára még adekvát tankönyvi és iskolai feldolgozás esetén sem teszi hozzáférhetővé a modellek mély gondolati tartalmát. A tanulók egy kis részénél e modellekkel való foglalkozás következtében primitívebb kép alakul ki, mintha eleve a valóság pontatlanabb közelítését tanítanánk. A jelenlegi iskolai gyakorlatban sem a kvantummechanikai, sem pedig a szilárdtest-fizikai fogalmak a legtöbb tanulóknál nem váltak problémák megoldására alkalmas eszközzé. Ezért az eredmények alapján azt állíthatjuk, hogy gondosan meg kell válogatni azoknak a tanulóknak a körét, akik számára az anyagszerkezet kvantummechanikai, és szilárdtest-fizikai modelljeit tanítani akarjuk, ugyanis kitűnt, hogy igen nagy különbségek vannak az egyes tanulók képessége és hozzáállása között. A tanulók mintegy 10 %-ánál a teljes felmérőlap-megoldás mindössze 3-4 odavetett szó, ugyanakkor közelítően csaknem ugyanennyien voltak, akik három oldalnyi jó választ írtak.

Amint az a tanulói idézetekből is jól látható, sok tanuló negyedik osztályban sem jutott el az absztrakt gondolkodás megfelelő szintjére, ezeknél a tanulóknál tapasztalhattuk elsősorban a megértési, alkalmazási nehézségeket. Nem mondhatunk semmit a nem szorgalmas, közömbös tanulók gondolkodásmódjáról, hisz nagyon sok kérdést teljesen válasz nélkül hagytak. Ugyanakkor a jelenlegi irreális körülmények között is az 1. felmérőlap megoldásakor a normál osztályok tanulóinak 12 %-a, a faktosoknak pedig 44 %-a ért el 50 %-nál magasabb eredményt:

Megtanulták a tananyagot, és alkalmazták is ismereteiket. Ebből egyenesen következik, hogy nem elsősorban az *életkorhoz*, az *általános* életkori sajátosságokhoz, hanem az egyéni képességekhez kell szabni a tananyag *mennyiségét* és a *feldolgozás módját*. Ez felveti a társadalom felelősségét: meg kellene akadályozni, hogy primitív emberek érettségi bizonyítványhoz jussanak, ugyanakkor biztosítani kellene a kiemelkedő képességűek megfelelő szintű oktatását. Egy lehetséges megoldás az lenne, ha megszüntetnék a jelenlegi fakultációs rendszerű oktatást, és visszaállítanák a tagozatos oktatási rendszert, ahol megfelelően magas óraszámban, egységes tárgyalásmóddal hasznosítani lehetne a reformtantervek pozitívumait. Lelkiismeretes és tehetséges tanárookra kell bízni a jó képességű, érdeklődő, szorgalmas tanulókat, és akkor meg lehet tanítani a kvantummechanika és a szilárdtest-fizika egyes fejezeteit.

Irodalom

1. Kvantummechanikai és szilárdtest fizikai regionális felmérés gimnáziumokban. A fizika Tanítása
2. Teaching solid state physics in the secondary schools in Hungary, Physics and Application
Vol. 11.109 Bratislava, 1984.

Ötletsarok

HÓMÉRÓ

Az alábbi program C plus/4 gépre készült. Jól használható az alsó tagozatos környezetismeret tanításánál, valamint a 6. osztályos fizika tantárgy a testek hőmérséklet-változása tanításakor.

A program indítása után kirajzolódik a képernyőn egy bothórmérő megfelelő beosztással. Majd megjelenik egy választási lehetőség: „Megrajzoljam (1) vagy leolvasod (2) a hőmérsékletet?”

Az 1-es számű leütése után megkérdezi a gép, hogy mennyit mutasson a hőmérő? Itt -73°C és $+72^{\circ}\text{C}$ között minden tetszés szerinti értéket elfogad és megrajzol a bothórmérőn, majd bizonyos várakozás után újra indul a program.

A 2-es számű billentyű leütését követően az előbb említett tartományban egy véletlen szám generálásával kirajzolja a számnak megfelelő hőmérsékletet, majd kéri annak értékét.

A program a helyes érték beírása után rövid ideig várakozik, kiírja „HELYES” majd újra indul.

A végtelenített program a RUN STOP vagy a RESET gombbal állítható le.

```
10 REM HOMERO
90 REM HOMERO RAJZOLÁSA
100 PRINT CHR$(14)/
110 COLOR 0,3
120 GRAPHIC 2,1
130 BOX 1,150,0,155,148
140 CIRCLE 1,153,153,5
150 PAINT 1,153,153
160 FOR A=2 TO 148 STEP 2
170 DRAW 1,160,A TO 163,A
180 NEXT A
190 FOR B=4 TO 146 STEP 10
200 DRAW 1,160,B TO 166,B
210 NEXT B
220 FOR C=14 TO 134 STEP 20
230 DRAW 1,160,C TO 175,C
240 NEXT C
242 CHAR 1,3,6,„CELSIUS”
244 CHAR 1,5,9,„FELE”
246 CHAR 1,7,12,„HOMERO”
250 CHAR 1,24,9,„O”
260 CHAR 1,23,6,„20”
270 CHAR 1,23,4,„40”
280 CHAR 1,23,1,„60”
290 CHAR 1,22,11,„-20”
300 CHAR 1,22,14,„-40”
310 CHAR 1,22,17,„-60”
320 CHAR 1,16,1,„C”
330 CHAR 1,16,C,„o”
```

```
340 INPUT „ [ ] \egrajzoljam (1) vagy
leolvasod (2) [ ] [Q]
a homerseklet”;G
350 IF G2 THEN 340
360 ON G GOTO 450,380
370 REM HOMERSEKLET MEGRAJZOLASA
380 D=INT/RND/1/*147/+2
390 E=74-D
400 BOX 1,150,D,155,D,,1
410 PAINT 1,151,147
420 DO: INPUT „ [ ] o
[ ]
homerseklet - -ban_”
430 LOOP UNTIL F=E
440 CHAR 1,29,9,„HELYES”:FOR T=0 TO 2000:
NEXT RUN
450 INPUT „[Q] ENNYIT MUTASSON A HO
MERO [ ]”;E
460 IF E73 OR E72 THEN 450
470 D=74-E
480 BOX 1,150,D,155,D,,1
490 PAINT 1,151,147
500 PRINT „[Q] ↑ HOMERSEKLET [ ]”;E;
[ ] CELSIUS FOK.”
510 FOR T=0 TO 3000:NEXT RUN
```

EPERJESSY GÉZA

Átány

Általános Iskola

СОДЕРЖАНИЕ

Из материала ЭЭЭИ-ого Всеенгерского Эседания Препоователей физики средних школ и Выставкн приборов

Секей Ласло: Полупроводники на уроке физики в гимназии	33
Котек Ласло - Виандт Петер: Аппарат для доказательства газовых законов .	
Шарди Акош - Херцег Барнабаш: 38	
Серия электронных измерительных инструментов	41
Пустав Иштван: Лазерный оптический демонстрационный прибор 46	
Сабо Гавор: Модельные эксперименты для наглядности токопроводящих особенностей твердых тел	49
Уголок идей (Эперьеши Геза)	64

INHALT

Aus den Materiellen der 31. Enquete Lehrmittelausstellung der Physiklehrer der Gymnasien

<i>Székely László</i> : Halbleiter in der Physiktunde des Gymnasiums	33
<i>Kotek László - Wiandt Péter</i> : Gerät zur Bestätigung der Gasgesetze	38
<i>Sárdi Ákos - Herzceg Barnabás</i> : Elektronische Messungen	41
<i>Pusztai István</i> : Laser-optischer Demonstrationsatz	46
<i>Szabó Gábor</i> : Modellversuche zur Veranschaulichung der Leitungseigenschaften der festen Körper.....	49
Praktischer Winkel (<i>Eperjessy Géza</i>)	64

Felhívjuk olvasóink figyelmét!

<i>Bonifert Domonkosné—Halász Tibor—Miskolci Józsefné—Molnár Györgyné:</i> Fizikai kísérletek és feladatok általános iskolásoknak (Rsz.: 8094)	Fűzve: 37,—Ft
<i>Budó Ágoston:</i> Kísérleti fizika I. (Rsz.: 4292/I.)	Kötve: 63,—Ft
<i>Budó Ágoston:</i> Kísérleti fizika II. (Rsz.: 4292/II.)	Kötve: 51,—Ft
<i>Budó—Mátrai:</i> Kísérleti fizika III. (Rsz.: 4292/III.)	Kötve: 73,—Ft
<i>Dér—Rádnai—Soós:</i> Fizikai feladatok I. (Rsz.: 8175/I.)	Fűzve: 42,—Ft
<i>Dér—Rádnai—Soós:</i> Fizikai feladatok II. (Rsz.: 8175/II.)	Fűzve: 39,—Ft
<i>Halász Tibor—Kovács László—Miskolci Józsefné—Szántó Lajos:</i> Tanári kézikönyv. FIZIKA 6. osztály (Rsz.: 83109)	Fűzve: 44,—Ft
<i>Halász Tibor—Kovács László—Miskolci Józsefné—Szántó Lajos:</i> Tanári kézikönyv. FIZIKA 7. osztály (Rsz.: 83 036/I.)	Fűzve: 38,—Ft
<i>Halász Tibor—Kovács László—Kövesdi Pál—Miskolci Józsefné—Szántó Lajos:</i> Tanári kézikönyv. FIZIKA 8. osztály (Rsz.: 83 036/I.)	Fűzve: 31,—Ft
<i>Karácsonyi Rezső:</i> Egy a valóság, s ezer a ruhája. I. Olvasókönyv az általános iskolai fizikához (Rsz.: 8077/I.)	Kötve 45,—Ft
<i>Karácsonyi Rezső:</i> Egy a valóság, s ezer a ruhája. II. Olvasókönyv az általános iskolai fizikához (Rsz.: 8077/II.)	Kötve 31,—Ft
<i>Karácsonyi Rezső:</i> Egy a valóság, s ezer a ruhája. III. Olvasókönyv az általános iskolai fizikához (Rsz.: 8077/III.)	Kötve 43,—Ft
<i>L. D. Landau—E. M. Lifsic:</i> Mechanika Elméleti fizika I. (Rsz.: 42 221/I.)	Kötve: 39,—Ft
<i>L. D. Landau—E. M. Lifsic:</i> Klasszikus erőkerek Elméleti fizika II. (Rsz.: 42 221/II.)	Kötve: 60,—Ft
<i>L. D. Landau—E. M. Lifsic:</i> Kvantumtechnika Elméleti fizika III. (Rsz.: 42 221/III.)	Kötve: 86,—Ft
<i>V. B. Bereteckij—E. Lifsic—L. P. Pitajevszkij:</i> Relativisztikus kvantumelmélet. Elméleti Fizika IV. (Rsz.: 42 221/IV.)	Kötve: 84,—Ft
<i>L. D. Landau—E. M. Lifsic:</i> Statisztikus Fizika I. Elméleti fizika V. (Rsz.: 42 221/V.)	Kötve: 85,—Ft
<i>L. D. Landau—E. M. Lifsic:</i> Hidrodinamika Elméleti fizika VI. (Rsz.: 42 221/VI.)	Kötve: 78,—Ft
<i>L. D. Landau—E. M. Lifsic:</i> Rugalmasságtan Elméleti fizika VII. (Rsz.: 42 221/VII.)	Kötve: 32,—Ft
<i>E. M. Lifsic—L. P. Pitajevszkij:</i> Kinetikus fizika. Elméleti fizika X. (Rsz.: 42 221/X.)	Kötve: 79,—Ft

Beszerezhetők, illetve előjegyezhetők a KÖNYVESBOLTOKBAN!

A

3–4.

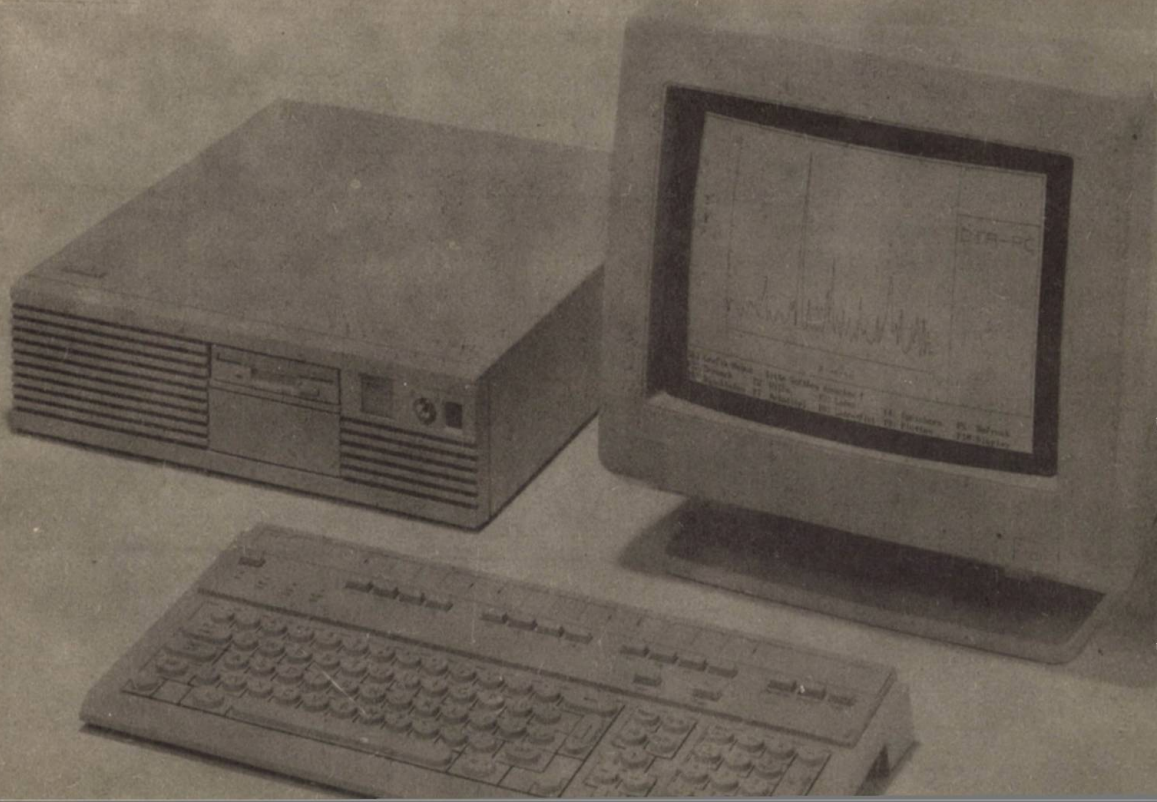
FIZIKA

1989

XXVIII. évf.

TANÍTÁSA

A Művelődési Minisztérium módszertani folyóirata



A FIZIKA TANÍTÁSA

A MŰVELŐDÉSI MINISZTERIUM
MÓDSZERTANI FOLYÓIRATA

FELELŐS SZERKESZTŐ:
DR. GECSŐ ERVIN

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG:

GERGELY PÉTER, DR. KEDVES FERENC,
KOVÁCS LÓRÁNT, DR. LITZ JÓZSEFNÉ,
PÁHÁN ISTVÁN, DR. TASNÁDI PÉTER,
DR. VIDÓ IMRE, VIG ISTVÁN,
DR. WIEDEMANN LÁSZLÓ,
DR. ZÁTONYI SÁNDOR

Szerkesztőség: Országos Pedagógiai Intézet,
(1087 Budapest, Berzsenyi D. u. 6. pf 338)

Kiadja: a Tankönyvkiadó Vállalat,
1055 Budapest, Szalay u. 10-14.

A kiadásért felelős: a Tankönyvkiadó igazgatója.
– Terjeszti a Magyar Posta. – Előfizethető a hírlapkézbesítő postahivataloknál és a Hírlapelőfizetési és Lapellátási Iroda (Bp. XIII. Lehel u. 10/a). Közvetlenül vagy posta utalványon, valamint átutalással a POSTA BANK RT. 219-98636; 021-02799. Előfizetési díj egész évre: 43,- Ft. Egyes példányok beszerezhetők: a Budapest V., Bajcsy-Zsilinszki út 76. sz. alatti hírlapboltban. Példányonkénti eladási ár: 7,- Ft.

PERFECTOR KFT

ISSN 0428-5336

Szerkesztői üzenet

Kérjük a kartársakat, hogy közlésre szánt cikkeiket gépelve, két példányban küldjék meg a szerkesztőség fenti címére, a lakásuk és munkahelyük, valamint a személyi számuk pontos feltüntetésével. – A papírlapnak csak egyik oldalára, kettes sor távolsággal írjanak! Egy oldalra 30 sort gépeljenek! A sor hossza 66 betűhely. A cikkek terjedelme legfeljebb 6-8 gépelt oldal lehet. A rajzokat, táblázatokat külön lapon, megfelelő ábraszöveggel (aláírással) ellátva küldjék be!

*Kéziratot nem őrzünk meg és
nem adunk vissza!*

TARTALOM

<i>Dr. Vermes Miklós:</i> Az 1989. évi Országos Középiskolai Fizikai Tanulmányi Verseny. A gimnáziumi tanulók versenye ..	65
<i>Bérces György-Főzy István-Juhász András-Tasnádi Péter:</i> Beszámoló az 1988/89. évi OKTV harmadik (gyakorlati) fordulójának feladatairól ..	69
<i>Balogh Lászlóné dr.:</i> Az 1989. évi Országos Középiskolai Fizika Tanulmányi Verseny. A szakközépiskolai tanulók versenye ..	79
<i>Dr. Berkes József – Bertók Éva – Dr. Kotek László:</i> Az 1987-88. évi Országos Szakközépiskolai Tanulmányi Verseny Kísérleti fordulójának feladatai és megoldásuk ..	82
<i>Kiss Lajos-dr. Vida József:</i> Beszámoló a Heves megyei általános iskolai fizikai tanulmányi versenyről ..	90
<i>Nagy Tibor:</i> Valós ütközések elmélete ..	93
<i>Somogyi Sándor:</i> Az ideális gáz nyomása gömb alakú tartályban ..	98
<i>Lérentei Tamás:</i> A számítógépek felhasználása a gázok adiabatikus állapotváltozásának tanításában ..	101
<i>Zátonyi Sándor:</i> Mechanika C PLUS/4 készlet az általános iskolai fizikához ..	104
<i>Kovácsics Csaba:</i> A Föld esése a Napba: egy fizikai feladat ..	107
<i>Dr. Franyó István:</i> Óraszámok, arányok ..	110
<i>Dr. Csákány Antalné:</i> Gyerekeinkért ..	112
<i>Varga Klára:</i> Tehetség gondozás az általános iskolában ..	115
<i>Könyvismertetés (Doba László, Dr. Takács Viola, Dr. Radnóti Katalin) ..</i>	123

Címképünk: A Siemens cég legújabb SIMCOMP PC 16-16 típusú személyi számítógépe

Az 1989. évi Országos Középiskolai Fizikai Tanulmányi Verseny

A gimnáziumi tanulók versenye

A szakközépiskolai tanulók az I. csoportban külön versenyeztek. A II. csoportba tartozott a III. osztályos, a fizikát alaptanterv szerint tanuló, a III. osztályos fizikát alaptanterv szerint tanuló és fizikából fakultáló tanuló, a IV. osztályban fizikát alaptanterv szerint tanuló, de fizikából nem fakultáló tanuló. A III. csoportba tartozott a IV. osztályos fizikát alaptanterv szerint tanuló és fizikából fakultáló tanuló, továbbá azok a III. és IV. osztályos tanulók, akik egyedi tanterv szerint tanulnak vagy komplex természettudományos osztályba járnak. Mindkét csoport feladatai ugyanazok voltak, és a versenyek ugyanazon időben mentek végbe. A versenyen minden segédeszköz használata meg volt engedve, beleértve a zsebszámológépet is.

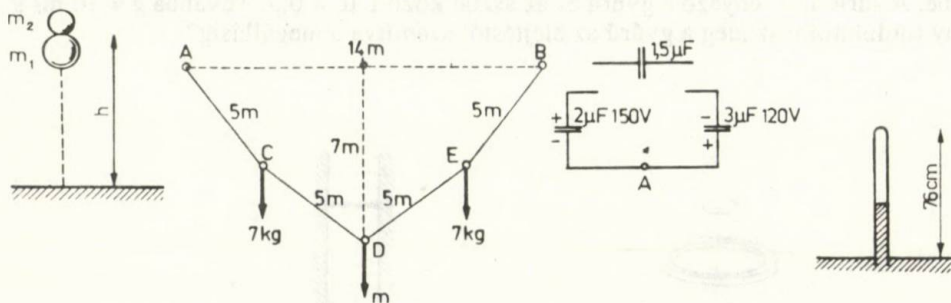
Az első fordulóra január 9-én került sor, és feladatai a következők voltak:

1. h magasságból közvetlenül egymás után leejtünk egy m_1 és egy m_2 tömegű testet. Minden ütközés a függőleges egyenesben megy végbe és teljesen rugalmas.

a) A tömegek mely aránya esetében marad az ütközés után az m_1 tömegű test nyugalomban?

b) Ebben az esetben milyen magasra repül fel az m_2 tömegű test?

1. ábra



2. A és B pontok távolsága 14 méter, a négy kötéldarab mindegyikének hossza 5 méter. C és E pontokban egy-egy 7 kg tömegű test lóg. D pontban olyan nagy m tömegű test függ, hogy ez a D pont 7 méterre van az AB egyenes alatt. Az m tömegű

testet lassan felemeljük, amíg D pont a C és pontokkal egy magasságba jut. Mennyi munkát végeztünk?

3. 150 voltra töltött $2\ \mu\text{F}$ -os és 120 voltra töltött $3\ \mu\text{F}$ -os kondenzátor egy-egy ellentétes töltésű lemeze össze van kötve; a másik lemezeikből kivezető drótok szabadon végződnek. Ezekre a drótvégekre ráejtünk egy töltetlen $1,5\ \mu\text{F}$ -os kondenzátort.

a) Mekkora lesz ezután mindegyik kondenzátor feszültsége?

b) Mennyi töltés megy át, és merre az A helyen?

4. Egy $76\ \text{cm}$ hosszú, felül zárt üvegcső alsó vége higanyba merül, a cső részben higannyal telt, felette az elzárt térben $0,001\ \text{mol}$ levegő van. A külső légköri levegő nyomása $76\ \text{cm}$ -es higanyoszlop nyomásával tart egyensúlyt. A levegő molhője $20,5\ \text{J/molK}$. Mennyi hőt ad le a csőbe zárt levegő, amikor hőmérséklete $10\ ^\circ\text{C}$ -kal süllyed?

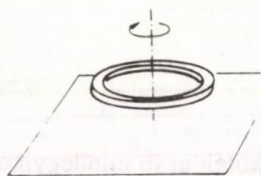
A négy feladat mindegyikéért maximálisan 2 pont járt, így a maximális pontszám 8 lehetett. Be kellett küldeni minden dolgozatot, amelynek pontszáma elérte a 4-et. Az esetleges pontozási eltéréseket a versenybizottság egységesítette, ahol erre szükség volt; a változtatásokról az érdekeltek értesítést kaptak.

A II. csoportban a második fordulóra behívót kaptak azok, akiknek a dolgozata elérte a 4,5 pontot; összesen 75 versenyző kapott behívót a 167 közül (41 budapesti és 34 vidéki).

A III. csoportban a második fordulóra behívót kaptak azok, akik elérték az 5-ös pontszámot; 91 versenyző kapott behívót a 214 közül (36 budapesti és 55 vidéki).

A második fordulóra március 8-án került sor. Feladatai a következők voltak.

1. Egy vízszintes síkban forgó, $r = 10\ \text{cm}$ sugarú vékony gyűrűt $h = 20\ \text{cm}$ magasságból az asztalra ejtünk. Az elejtés pillanatában a gyűrű $\omega = 21\ \text{s}^{-1}$ szögsebességgel forog függőleges tengelye körül. Az ütközés rugalmatlan, és igen rövid idő alatt megy végbe. A súrlódási tényező a gyűrű és az asztal között $\mu = 0,3$. Továbbá $g = 10\ \text{m/s}^2$. Hány fordulatot tesz meg a gyűrű az elejtéstől számítva a megállásig?



2. ábra

2. Egy dugattyús hengerben 4 gramm hélium és 16 gramm oxigén keveréke van elzárva $0\ ^\circ\text{C}$ hőmérsékleten. A henger fala és a dugattyú hőszigetelő. Kezdetben a nyomás $10^7\ \text{Pa}$. A nyomást $2 \cdot 10^5\ \text{Pa}$ -ra fokozzuk. Mennyi lesz ezután a gázkeverék hőmérséklete és térfogata? A hélium molhője $C_{v1} = 12,3\ \text{J/molK}$, $C_{p1} = 20,5\ \text{J/molK}$; az oxigén molhője $C_{v2} = 20,5\ \text{J/molK}$ és $C_{p2} = 28,7\ \text{J/molK}$.

3. Egy lezárt doboz két kivezetésére különböző körfrekvenciájú váltófeszültségeket kapcsoltunk, és a következő váltóáramú ellenállásokat mértük:

$\omega [s^{-1}]$	20	200	250	300	325	350	400	1000	5000
$Z [ohm]$	782	53,0	34,0	25,4	25,2	27,2	34,9	145,5	792

Mi van a dobozban?

Mindkét forduló feladatainak a megoldását a Középiskolai Matematikai Lapok egyik száma közli.

A második forduló feladatait a versenyzők név nélkül, kódszámmal megjelölve adták be, és ezek felfedése csak akkor történt, amikor a bizottság már meghozta határozatát a harmadik fordulóra való behívás és a dícséretes ügyében.

A II. csoportban az első feladatra 19, a másodikra 17 és a harmadikra 17 teljes megoldás érkezett. A III. csoportban az első feladatra 24, a másodikra 35, a harmadikra 52 teljes megoldás érkezett.

A harmadik (kísérleti) forduló április 25-én ment végbe Budapesten, az ELTE Általános Fizikai Intézetében. Erre a II. csoportból 11, a III. csoportból 13 versenyző kapott behívót. A versenyzők egy fototranzisztort kalibráltak, azután vele tanulmányozták üveglemezek fényt elnyelő és visszaverő képességét. Az eredmények az idén is gyengébbek voltak, mint a második fordulóban, csak két versenyző érte el a maximális pontszám 90 %-át.

A II. csoport versenyének eredménye:

- I. díj: *Károlyi Antal*, Budapest, I. István Gimn. IV. o.t., tanára: Moór Ágnes.
- II. díj: *Hídvégi Zoltán*, Budapest, Árpád Gimn. IV. o.t., tanára: Szűcs Zsuzsanna.
- III. díj: *Késmárki Szabolcs*, Kecskemét, Bányai Júlia Gimn. IV. o.t., tanára: Borsos Ferenc.

Helyezettek (sorrendben):

4. *Mohácsi Péter*, Budapest, I. István G. IV. o.t., t.: Moór Ágnes. 5. *Pátrovics Levente*, Budapest, I. István G. IV. o.t., t.: Moór Ágnes. 6. *Komorowicz Erzsébet*, Budapest, Fazekas Mihály G. IV. o.t., t.: Tóth László. 7. *Bordás Ferenc*, Szeged, Radnóti Miklós G. IV. o.t., t.: Győri István és Dudás Zoltánné. 8. *Peták Attila*, Budapest, Berzsenyi Dániel G. IV. o.t., t.: Hubert Györgyné. 9. *Geecs László*, Pécs, Nagy Lajos G. III. o.t., t.: Györkő Zoltánné. 10. *Horváth Tibor*, Kecskemét, Katona József G. III. o.t., t.: Kocsisné Domján Erzsébet és Sáró Péter.

Elsőfokú dícséretet kaptak (egyenlő helyezésben):

Németh István, Budapest, Fazekas Mihály G. III. o.t., t.: Horváth Gábor. *Csilling Ákos*, Budapest, Fazekas Mihály G. III. o.t., t.: Horváth Gábor. *Fülöp Gábor*, Budapest, Fazekas Mihály G. III. o.t., t.: Horváth Gábor. *Wolfner György*, Budapest, Berzsenyi Dániel G. IV. o.t., t.: Hubert Györgyné. *Havasi Antal*, Budapest I. István G. IV. o.t., t.: Moór Ágnes. *Sugár Zoltán*, Budapest, I. István G. IV. o.t., t.: Moór Ágnes. *Tokodi Tamás*, Szeged, Ságvári Endre G. III. o.t., t.: Győri István. *Iványi Tibor*, Debrecen, Tóth Árpád G. IV. o.t. t.: Kertész Béla. *Virágh Zoltán*, Debrecen, Fazekas Mihály G. III. o.t., t.: Deczky Béla és Türk Zsuzsanna. *Pusztai Tamás*, Kaposvár, Táncsics Mihály G. III. o.t., t.: Kiss Zoltán.

Másodfokú dícséretet kaptak (egyenlő helyezésben):

Istenes Péter, Budapest, Árpád G. IV. o.t., t.: Szűcs Zsuzsanna. *Fleiner Tamás*, Budapest, Fazekas Mihály G. IV. o.t., t.: Tóth László. *Tulassay Kinga*, Budapest, Fazekas Mihály G. III. o.t. t.: Horváth Gábor, *Takács Attila*, Budapest, I. István G. IV. o.t. t.: Moór Ágnes. *Pásztor Gábor*, Miskolc, Földes Ferenc G. IV. o.t. t.: Zámboreszky Ferenc. *Baritsch Tamás*, Szeged, Radnóti Miklós G. III. o.t. t.: Lancsa Jánosné. *Szommer Viktor*, Szekszárd, Garay János G. III. o.t. t.: Bayer József és Jáhn János.

A III. csoport versenyének eredménye:

- I. díj: *Szabó Szilárd*, Budapest, Apáczai Csere János Gimn. IV. o.t. tanára: Holics László.
- II. díj: *Hornig Rudolf*, Budapest, Apáczai Csere János Gimn. IV. o.t., tanára: Flórik György.
- III. díj: *Felső Gábor*, Budapest, Apáczai Csere János G. IV. o.t., tanára: Flórik György.

Helyezettek (sorrendben):

4. *Lévay Ákos*, Budapest, Apáczai Csere János G. IV. o.t., t.: Flórik György. 5. *Péter Tamás*, Budapest, Radnóti Miklós G. IV. o.t., t.: Tomcsányi Péter. 6. *Somjai Ellák*, Pápa, Petőfi Sándor G. IV. o.t., t.: Dankó Ferenc. 7. *Gombos Béla*, Budapest, Apáczai Csere János G. IV. o.t. t.: Flórik György. 8. *Csuka Zoltán*, Budapest, Apáczai Csere János G. IV. o.t., t.: Kelemen László. 9. *Mimon Tibor*, Pécs, Nagy Lajos G. IV. o.t., t.: Kállai Miklósné. 10. *Seres Árpád*, Békéscsaba, Rózsa Ferenc G. IV. o.t., t.: Simon Imréné.

Elsőfokú dícséretet kaptak (egyenlő helyezésben):

Kégli Zoltán, Budapest, Apáczai Csere János G. III. o.t., t.: Holics László. *Kozma Károly*, Budapest, Apáczai Csere János G. IV. o.t., t.: Flórik György. *Antal Csaba*, Budapest, Apáczai Csere János G. IV. o.t., t.: Flórik György. *Tóth Bálint*, Budapest, Fazekas Mihály G. IV. o.t., t.: Tóth László. *Sántha Ferenc*, Kecskemét, Katona József G. IV. o.t., t.: Sáró Péter. *Orbay Péter*, Sopron, Széchenyi István G. IV. o.t., t.: Légrádi Imre. *Papp László*, Székesfehérvár, Teleki Blanka G. IV. o.t., t.: Mihályi Gyula. *Molnár Gábor*, Pannonhalma, Bencés G. IV. o.t., t.: Pintér Ambrus. *Fogarassy György*, Mátészalka, Esze Tamás G. IV. o.t., t.: Gólya Irén. *Nagy Péter*, Karcag, Gábor Áron G. IV. o.t., t.: Juhász István és Olajos István. *Boda Imre*, Kaposvár, Táncsics Mihály G. IV. o.t., t.: Terlaki Edit.

Másodfokú dícséretet kaptak (egyenlő helyezésben):

Demeter Gábor, Budapest, Móricz Zsigmond G. IV. o.t., t.: Tarnóczyiné Gedeon Melitta. *Sági Zoltán*, Budapest, Apáczai Csere János G. III. o.t., t.: Kelemen László. *Stubnya Gusztáv*, Budapest, Radnóti Miklós G. IV. o.t., t.: Varga Antal. *Borbély Tamás*, Kecskemét, Piarista G. IV. o.t., t.: Szabó István, *Siklér Ferenc*, Győr, Révai Miklós G. IV. o.t., t.: Takács István és Székely László. *Körmendi János*, Győr, Révai Miklós G. IV. o.t., t.: Takács István és Kolozsváry Ernőné. *Fiser Zoltán*, Eger, Gárdonyi Géza G. IV. o.t., t.: Leitner Györgyné és Mlinkó Lászlóné. *Hadobás Tibor*, Eger, Gárdonyi Géza G. IV. o.t., t.: Leitner Györgyné és Mlinkó Lászlóné. *Magyarfalvi Gábor*, Esztergom, Dobó Katalin G. IV. o.t., t.: Litvai János.

Beszámoló az 1988/89. évi OKTV harmadik (gyakorlati) fordulójának feladatairól

1. A FELADAT.

Az ELTE TTK Általános Fizika Tanszékén megrendezett gyakorlati forduló feladata fényintenzitás-méréssel volt kapcsolatban. A megoldásra 4 óra állt rendelkezésre. A versenyzők a sorsolással kijelölt munkahelyen az alábbi feladatlapot kapták:

FELADATOK

1. Állapítsa meg a munkahelyen található fototranzisztor fényintenzitás-áram-erősség karakterisztikáját! (A fototranzisztor egy műanyag csőben van. Meghajtására egy 4,5 V feszültségű zsebtelep szolgál. A fototranzisztor áramának mérésére a POLYTEST műszert használja.) Mérési eredményeit foglalja táblázatba, és ábrázolja grafikonon!

2. Határozza meg, hogy milyen mélyen van a fototranzisztor a csövet lezáró celofánfólia mögött! (A fényérzékelőt megbontani nem szabad!)

3. Világítsa meg a fototranzisztor közel párhuzamos fénynyalábbal! Tegye a fényútba a mellékelt üveglemezeket! Határozza meg, hogy hogyan változik a tranzisztor érző fény intenzitása az üveglemezek számának függvényében! Mérési eredményeit foglalja táblázatba, és ábrázolja grafikonon!

4. Határozza meg, hogy hogyan változik a fototranzisztor érző fény intenzitása az üveglemezek számának függvényében, ha a lemezek közötti hézagokat víz tölti ki! Mérési eredményeit foglalja táblázatba, és ábrázolja grafikonon!

5. Mi okozza a 3. és a 4. mérés eltérő eredményét? Indokolja, hogy miért kell a méréshez párhuzamos nyalábot használni!

6. A 3. és a 4. mérés eredményei alapján

- becsülje meg az üveglemezek anyagának törésmutatóját!
- állapítsa meg, hogy milyen vastag üvegrétegben csökkenne le felére az átmenő fény intenzitása! (1 lemez vastagsága 0,9 mm.)
- becsülje meg, hogy a beeső fény energiájának hány százaléka verődik vissza – merőleges beesés esetében – egy üveglemezről!

MEGJEGYZÉS: A méréseket a zseblámpaizzóra adott 5 V feszültség mellett végezze! A feszültség beállítására, illetve ellenőrzésére a tápegység 8 V-os egyenfeszültségű kimenete, a táblára szerelt huzalellenállás, ill. a VOLTAX typ. feszültségmérő szolgál.

1.2. A feladatok elvégzéséhez kiadott eszközök:

- egy BPX 43 typ fototranzisztor, műanyag csőbe építve, állványba erősíthető lemezfoglatban
- egy lemezbe rögzített ún. kerékpárdinamó-izzó (üzemi adatai: 6 V 3 W)
- egy lapos zsebelem 4,5 V
- egy tápegység (TANÉRT „Tápegység 1” typ)
- egy változtatható ellenállás (4, egymással sorba kapcsolható, egyenként kb.

7 ohm ellenállású kantálhuzal, táblára szerelve, egyiken csúsztatható „csokoládé”-csatlakozóval)
 egy lemezbe foglalt kb. 5 cm gyújtótávolságú kondenzorlencse
 egy optikai sín 4 lovassal, a lemezek befogására alkalmas tartószárakkal
 bekötőzsinórok, mm-beosztású vonalzó
 8 darab üveglemez (mikroszkóp tárgylemez)
 egy pohár víz (a felületi feszültség csökkentésére egy csepp mosószerrel)
 egy szemcseppentő

2. A MEGOLDÁS

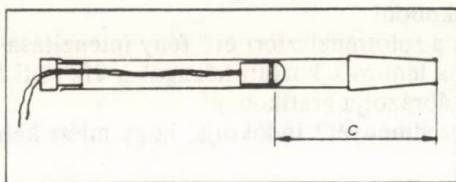
2.1. A fototranzisztor fényerősség-áramerősség karakterisztikája.

A fototranzisztor relatív fényerősség mérésére hitelesíthető, ha figyelembe vesszük, hogy a pontszerű fényforrásból kisugárzott fényteltjesítmény-sűrűség (az E megvilágítás) Lambert törvénye szerint a fényforrástól mért r távolság négyzetével fordított arányban csökken. Tehát

$$E = \frac{P_0}{4\pi r^2} \quad (1)$$

ahol P_0 a forrás fényteltjesítménye.

A fototranzisztor fényerősség-áramerősség karakterisztikája tehát meghatározható, ha megmérjük, hogy hogyan változik a tranzisztor I árama egy pontszerű fényforrástól, pl. zsebizzótól mért r távolság függvényében.



1. ábra

A mérés kiértékelését megnehezíti, hogy a zsebizzó és a fototranzisztor távolsága közvetlenül nem vehető számba, mert a tranzisztor a befoglaló műanyag cső szájától ismeretlen c távolságban helyezkedik el. (1. ábra.) Tulajdonképpen erre figyelmeztette a versenyzőket a második, kiegészítő kérdés.

Tételezzük fel munkahipotézisként a legegyszerűbb esetet, vagyis azt, hogy a tranzisztor I árama arányos a tranzisztort érő E megvilágítással, vagyis hogy

$$I \sim E \quad (2)$$

amiből (1) felhasználásával és a $C = P_0 / 4\pi$ jelöléssel

$$I = \frac{C}{r^2}. \quad (3)$$

Ez a feltételezett kapcsolat pl. úgy lenne igazolható, hogy megmérnénk az érzékelő áramát a lámpától mért távolság függvényében, és a kapott áramerősség értékeket $\frac{1}{r^2}$ függvényében ábrázolnánk. Ha az így adódó grafikon pontjai egyenesre illeszkednek, akkor a tranzisztor áramerősség-fényintenzitás karakterisztikája lineáris. Ese-

tünkben azonban ez az egyszerű módszer nem követhető, mert a fényforrás-érzékelő távolság közvetlenül nem mérhető meg. Írjuk át ezért a (3) összefüggést az

$$I = \frac{C}{(x+x_0)^2} \quad (4)$$

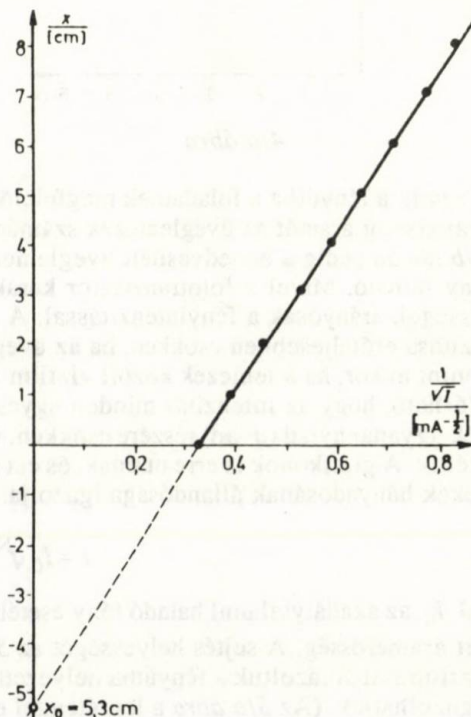
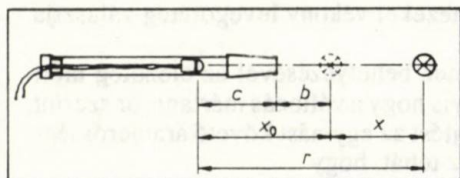
alakra, ahol x_0 a fényforrás és az érzékelő közötti tetszőleges (egyelőre ismeretlen) kezdőtávolságot, x pedig az ettől mért távolságot jelenti (2. ábra)! Rendezzük át a (4) összefüggést az

$$x = \sqrt{C \frac{1}{I}} - x_0 \quad (5)$$

alakra! Utóbbi szerint az x távolság és $\frac{1}{\sqrt{I}}$ között lineáris kapcsolatnak kell fennállnia. Ez igazolható pl. úgy, hogy a tetszőleges x távolságtól indulva az érzékelőt egyenlő szakaszonként (pl. 1cm-ként) távolítjuk, és mérjük a fototranzisztor áramát, majd az x értékeket $1/\sqrt{I}$ függvényében ábrázoljuk. A 3. ábra egy általunk felvett grafikont mutat. A mérési pontok meggyőzően egyenesre illeszkednek, igazolva, hogy a munkahipotézisként alkalmazott $I \sim E$ arányosság valóban fennáll.

A grafikon alapján könnyen válaszolhatunk a 2. feladat kérdésére. Az egyenes tengelymetszete ugyanis éppen a kiinduló x_0 értéket adja. Az érzékelő tokjának szája és az izzó kezdőhelyzete közötti b távolságot le mérve pedig a fototranzisztor és a csőszáj $c=x_0-b$ távolsága meghatározható. (Esetünkben ez 2,5 cm volt.)

2. ábra



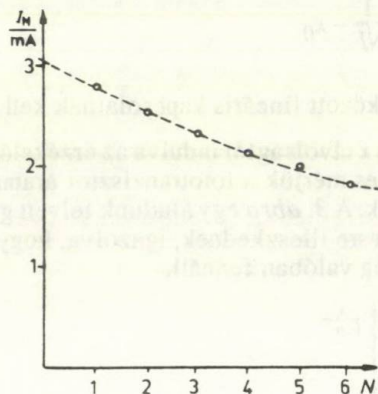
3. ábra

x (cm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
I (mA)	9,18	6,57	4,73	3,60	2,86	2,38	1,95	1,66	1,45
$1/\sqrt{I}$	0,330	0,390	0,460	0,527	0,591	0,648	0,716	0,776	0,830

2.2. A lemezszoron áthaladó fény intenzitásváltozásának mérése.

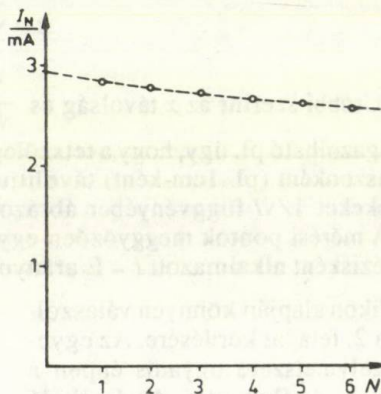
Állítsunk elő a kondenzorlencse segítségével az optikai sínnel párhuzamos tengelyű parallel fénynyalábot! Tegyük a fényérzékelőt a nyaláb útjába! (A beállítás akkor helyes, ha az érzékelőt előre-hátra mozgatva az árammérő gyakorlatilag állandó áramerősséget jelez.) Parallel nyalábra azért van szükség, hogy az üveglemezsorban a vastagság növelésével ne csökkenjen az érzékelőt érő fény intenzitása.

N	1	2	3	4	5	6
I_N (mA)	2,78	2,54	2,34	2,13	1,98	1,82



4/a ábra

N	1	2	3	4	5	6
I_N (mA)	2,85	2,78	2,73	2,67	2,66	2,57



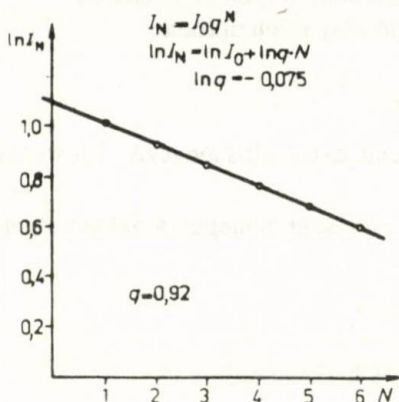
4/b ábra

Tegyük a fényútba a feladatnak megfelelően az üveglemezeket, és ábrázoljuk a fototranzisztor áramát az üveglemezek számának függvényében! A 4/a ábrán a száraz, a 4/b ábrán pedig a benedvesített üveglemezekben átmenő fény esetében kapott eredmény látható. Mivel a fototranzisztor karakterisztikája lineáris, azért a mért áramerősségek arányosak a fényintenzitással. A grafikonok jól mutatják, hogy a fény intenzitása erőteljesebben csökken, ha az üveglemezeket vékony levegőréteg választja el, mint akkor, ha a lemezek között vízfilm van.

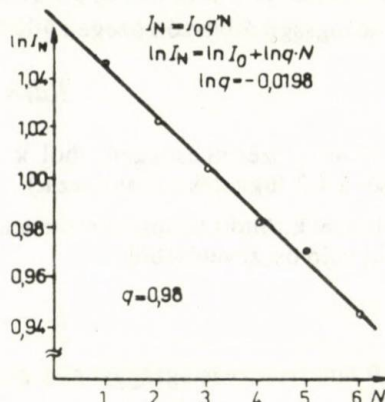
Várható, hogy az intenzitás minden egyes lemez behelyezésével az előzőleg mért érték ugyanannyi ad (q -ad) részére csökken, vagyis hogy a változás mértani sor szerint történik. A grafikonok is erre utálnak, és ezt a sejtést az egymást követő áramerősség-értékek hányadosának állandósága igazolja. Igaz tehát, hogy

$$I = I_0 q^N, \quad (6)$$

ahol I_0 az akadálytalanul haladó fény esetében, I pedig az N lemez behelyezése után mért áramerősség. A sejtés helyességét az 5. ábra szerint - amelyen a mért áramok logaritmusát ábrázoltuk a fényútba helyezett üveglemezek számának függvényében - is igazolhatjuk. (Az 5/a ábra a légréteggel elválasztott, az 5/b ábra a vízfilmrel elválasztott lemezekre vonatkozik.) A grafikonokról leolvasható, hogy légréteggel elválasztott üveglemezsorot használva a fotoáram minden lemez behelyezése után $q=0,92$ -szeresére, a vízféllel elválasztott lemezek esetén pedig $q=0,98$ -szeresére változik.



5/a ábra



5/b ábra

2.3. Az intenzitásmérések összehasonlítása és az eredmények értelmezése.

A különböző átlátszó anyagokon áthaladó fény intenzitása különböző mértékben ugyan, de mindig csökken. A csökkenés mértéke a rétegvastagság növekedésével nő. (A csökkenés az ún. extinkciós együtthatóval jellemezhető.) A tapasztalat szerint a fényintenzitás csökkenése levegőben sokkal kisebb, mint azonos rétegvastagságú vízben vagy üvegben. Ezért meglepő a mérés eredménye, mely szerint a légréteggel elválasztott lemezek sora jobban csökkenti a fényintenzitást, mint a vízfilmeket tartalmazó lemezsor.

A jelenség érthetővé válik, ha részletesen megvizsgáljuk a fényintenzitás csökkenésének okát. A homogén közegeken áthaladó fény intenzitása azért csökken, mert a fény a közegben elnyelődik, illetve szóródik. Inhomogén közegek esetén azonban jelentős szerepet játszhat a határfelületeken történő visszaverődés is. Ez utóbbira vezethető vissza a mérésben kapott eredmény. A visszaverődés szerepe annál nagyobb, minél nagyobbak a szomszédos rétegek közötti törésmutató különbségek. Belátható ugyanis (lásd az 4.1 függelék), hogy két, n_1 , illetve n_2 , törésmutatójú közeg határára merőlegesen érkező I_0 intenzitású fény energiájából

$$RI_0 = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 I_0 \quad (7)$$

energiát a felületről visszaverődő fény szállít el. Az áthaladó energia tehát $(1-R) I_0$. A lemezsorokkal végzett kísérletekben az egyes üveglemezekben kétszer lép fel visszaverődés. A visszavert energiahányad a vízzel kitöltött közű üveglemezek esetében elhanyagolhatóan kicsiny, mert az üveg és a víz törésmutatója közel azonos. A légrétegekkel elválasztott lemezsornál azonban az effektus már számottevő.

Első közelítésben tehát a levegővel, illetve a vízzel kitöltött lemezsorra vonatkozó mérési eredmények közötti különbség a következőképpen indokolható:

A vizes üveglemezek határfelületein fellépő visszaverődések elhanyagolhatóak, ezért a fényenergia csökkenése gyakorlatilag csak az üveglemezben fellépő extinkciónak tulajdonítható. A légréteggel elválasztott üveglemezek esetében a visszavert fény intenzitása nem hanyagolható el, így az áthaladó fény intenzitása nagyobb mértékben csökken.

2.4. Az extinkció, a reflexió és a törésmutató mennyiségi becslése.

Egy d vastagságú átlátszó közegen áthaladó fény intenzitása az

$$I(d) = I_0 e^{-\kappa d} \quad (8)$$

Bouguer-törvény szerint csökken, ahol κ az un. extinkciós tényező. (A törvény rövid levezetését a 4.2 függelék tartalmazza.)

A vízfilmmel kitöltött lemezsor esetében a mérésekből meghatározható q' tehát (8)-nak (6)-tal való összevetéséből

$$q' = e^{-\kappa \cdot d}, \quad (9)$$

vagy a 0,9 mm lemezvastagsággal és a $q=0,98$ kvócienssel

$$0,98 = e^{-\kappa \cdot 0,9}, \quad (10)$$

ahonnan az extinkciós együttható:

$$\kappa = 0,0224/\text{mm}, \quad (11)$$

(8)-ből az $I(d) = I_0 / 2$ helyettesítéssel a felezési vastagság

$$d = \ln(2) / \kappa. \quad (12)$$

Adatainkkal $d = 30,9$ mm. Ez kb. 34 lemez együttes vastagságának felel meg.

A légréteggel elválasztott lemezsor esetében a fény intenzitása egyetlen lemezen áthaladva a kétszeri visszaverődés miatt és az üvegben történő elnyelődés miatt is csökken, így

$$I(d) = (1-R)^2 q' \cdot I_0 \quad (13)$$

A méréssel meghatározott kvóciens tehát

$$q = (1-R)^2 q', \quad (14)$$

ahonnan az R reflexiós tényezőre az

$$R = 1 - \sqrt{\frac{q}{q'}} \quad (15)$$

eredmény adódik. Adatainkkal $R=0,031$.

R értékét a (7) egyenletből adódó

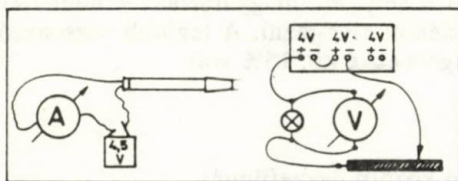
$$n = \frac{1+\sqrt{R}}{1-\sqrt{R}} \quad (16)$$

formulába helyettesítve az üveg törésmutatójára az $n=1,43$ becslést kapjuk.

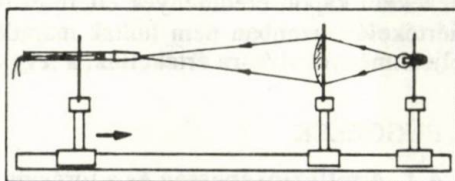
3. MEGJEGYZÉSEK

3.1. A versenyzők gyakorlati ismereteiről

Az első feladat megoldásához a versenyzőknek a 6. ábrán látható két egyszerű áramkört kellett (volna) összeállítani. De ez sokuknak csak a gyakorlatvezetők intenzív segítségével sikerült, annak ellenére, hogy – okulva az előző versenyben szerzett rossz tapasztalatokból – a munka megkezdése előtt a konkrét eszközök használatára alapos szóbeli eligazítást adtunk. Sajnos évről évre látjuk, hogy a harmadik (gyakorlati!) fordulóig eljutott versenyzők – tehát a fizikát tanulók legjobbjai – között (is) alig van, aki a praktikum elemi elvárásainak eleget tenne. Egyetértünk azzal, hogy a középfokú (főként a gimnáziumi) fizikaoktatásnak nem eszköz- és anyagismeret tanítása a célja, de valljuk, hogy ennek ilyen mérvű elhanyagolása már az elméleti ismeretek tanításának hatékonyságát is megkérdőjelezi.



6. ábra



7. ábra

3.2. Az 1. és a 2. feladat megoldásáról

A kezdeti nehézségeken túljutva a versenyzők többsége helyesen vette fel az intenzitás-áramerősség karakterisztikát. Általában nem a 2.1. alatt ismertetett módszert alkalmazták, hanem először a 2. kérdésre válaszoltak: megmérték a csőben rögzített fototranzisztor csőszájától mért távolságát, csak ezután tértek rá a karakterisztika felvételére. Eljárásuk a következő volt:

Leképezték a lámpa izzószálát a fényérzékelő csőszájához tartott papírlapra, majd – a lapot elvéve – az érzékelőt annyira előretolták, hogy árama maximumot érjen el (7. ábra). Az előretolás mértéke éppen a tranzisztor csőszájától mért távolságát adja. (Meg kell jegyeznünk, hogy ez az eljárás elvileg kifogástalan, de az adott esetben nagy relatív hibát okoz. Egyszerű kondenzátorlencsével ugyanis nem lehet az izzószálát pontosan leképezni.)

3.3. A parallel fénynyaláb előállításáról

A 3. és a 4. feladat megoldásához (közelítőleg) parallel nyalábbal kellett a fényérzékelőt megvilágítani. A versenyzők egy része – a realitásokat figyelmen kívül hagyva – ezt a műveletet „precízen” akarta végezni: Értékes perceket áldozott a kondenzorlencse fókusz-távolságának (a lencsetörvénnyel vagy a Bessel-módszerrel történő) mérésére, hogy azután az izzót „pontosan” a vaskos kondenzor fókuszpontjába állíthassa. Gyorsan és jól azok jártak el, akik az izzószálát egy távoli (3-4 méter) ernyőre jól-rosszul leképezték, és a fotodetektort a nyaláb útjába állították.

3.4. Az izzólámpa használatáról

A fényforrásként használt un. kerékpárdinamó-izzó 6V feszültségre készült. A versenyt megelőző méréseink szerint azonban kiderült, hogy ha üzemi feszültségén használjuk, akkor fényerőssége – nyilván a volfrámszál párolgása miatt – már félóra

alatt is észlelhetően csökken. Észrevettük azt is, hogy a tápegység kimenőfeszültsége ingadozik. Ezek miatt írtuk elő az ellenálláshuzallal beállítható és a műszerrel mérhető 5V fűtőfeszültséget. Akik észrevették és korrigálták a feszültség-ingadozást, pontosabb adatokat kaptak.

3.5. A törésmutató meghatározásáról

A törésmutató meghatározásakor a többszörös visszaverődésekkel, illetve a vékony rétegeken bekövetkező interferenciák hatásával nem számoltunk. Ez azzal indokolható, hogy az átmenő nyalábba – a számításba vett direkt nyaláb mellett – csak úgy juthat fény ha legalább kétszer visszaverődött. Ekkor azonban a kicsiny reflexiótényező miatt az intenzitás már elhanyagolhatóan kicsivé válik.

3.6. Az adatok kiértékeléséről

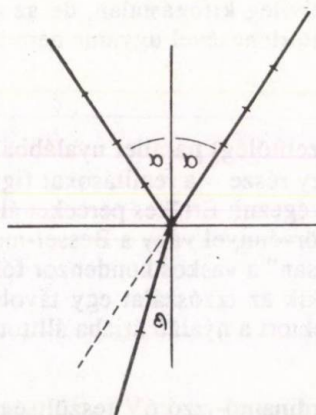
Sokan megmérték, hogy hogyan függ a tranzisztort érő fény intenzitása a fénynyalábba helyezett üveglemezek számától. A víz-, ill. a légréteggel elválasztott lemezekkel kapott eredmények eltérését többen helyesen magyarázták. A numerikus kiértékelést azonban nem tudták maradék nélkül elvégezni. A legjobb versenyzők teljesítményét 90%-ra értékeltük, a leggyengébbekké kb. 15% volt.

4. FÜGGELÉK

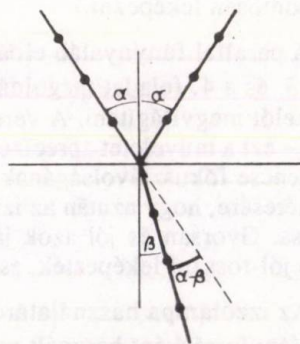
4.1. A reflexióképesség és a törésmutató közötti összefüggés

A mérési eredmények értelmezésekor használt (7) összefüggés a fényhullámok energiaviszonyait leíró Fresnel-formulák következménye. A következőkben a (7) összefüggést Feynmann gondolatmenete alapján igazoljuk.

Két közeg határfelületén a megtört és visszavert hullám által hordozott energiahányad a beeső nyaláb polarizációjától is függ. Vizsgáljuk meg ezért a beesés síkjában (8. ábra) és arra merőlegesen (9. ábra) polarizált nyaláb energiaviszonyait. Jelöljük n_1 és n_2 -vel a két közeg törésmutatóját, és tételizzük fel, hogy a beeső nyaláb amplitúdója mindkét esetben egységnyi. Legyen továbbá a_p és a_m rendre a beesés síkjában, ill. arra merőlegesen polarizált fény visszavert komponensének amplitúdója, A_p és A_m pedig jelentse a megtört fénykomponens amplitúdóját. A megfelelő fényin-



8. ábra



9. ábra

tenzitások ekkor rendre $\alpha |a_p|^2$, $\alpha |a_m|^2$, $\alpha |A_p|^2$, $\alpha |A_m|^2$. A beeső, visszavert és megtört nyalábok intenzitása között az energiamegmaradás törvénye szerint a következő kapcsolat áll fenn:

$$|a_p|^2 + |A_p|^2 = 1, \quad (17)$$

illetve

$$|a_m|^2 + |A_m|^2 = 1 \quad (18)$$

Ismeretes, hogy a megtört és visszavert fénysugár bonyolult interferenciafolyamatok eredményeként jön létre. A második közegbe behatoló fény a közeg atomjait gerjeszti, s a gerjesztett atomok sugárzása hozza létre a megtört nyalábot. Leegyszerűsítve úgy képzelhetjük, hogy a fény hatására az atomok rezgő dipólusokká válnak, s ezek sugárzásának és a beeső fénynek a szuperpozíciója alakítja ki a megtört és visszavert nyalábot. Ennek eredménye az is, hogy a második közegben a beeső fénysugár eredeti haladási irányában ez a sugárzás éppen kioltja az eredeti sugárzást. Az atomok gerjesztése és így az atomoktól kibocsátott sugárzás a közegben terjedő fény hatására jön létre, és feltételezhetjük, hogy a megtört és a visszavert sugár amplitúdója között arányosság áll fenn. (Azért kell a megtört sugár hatásával számolni, mert a második közegben ez gerjeszti az atomokat.) A beesési síkra merőlegesen polarizált nyaláb esetén a visszavert sugár amplitúdója arányos a megtört sugár amplitúdójával, azaz

$$a_m = c A_m. \quad (19)$$

A beesési síkban poláros nyaláb esetén kissé bonyolultabb a helyzet, mert figyelembe kell venni azt is, hogy a rezgő dipólusok a dipól rezgésének irányában nem sugároznak. Emiatt a megtört sugár térerősségének csak a visszavert sugár térerősségével párhuzamos összetevője játszik szerepet a visszavert sugár létrehozásában. Így a visszavert fény amplitúdójára az

$$a_p = c A_p \cos(\alpha + \beta) \quad (20)$$

összefüggés írható fel.

Használjuk fel még azt, hogy a második közegben a beeső fény terjedési irányában nem észlelünk fényt. A gerjesztett atomoktól származó sugárzás ebben az irányban tehát -1 amplitúdójú eredőt ad. A beesési síkra merőleges polarizáció esetén ez azt jelenti, hogy

$$c' A_m = -1. \quad (21)$$

A beesési síkban polarizált fény esetén az előzőekhez hasonlóan A_p -nek csak a beeső fény irányára merőleges komponense rendelkezik a megfelelő polarizációs iránnyal, azaz

$$c' A_p \cos(\alpha - \beta) = -1. \quad (22)$$

Vegyük a (19) és a (20), valamint a (21) és a (22) egyenletek hányadosát. Az

$$\frac{a_m}{a_p} = \frac{A_m}{A_p \cos(\alpha + \beta)} \quad (23)$$

$$\frac{a_p}{A_p \cos(\alpha - \beta)} = 1 \quad (24)$$

egyenletekhez jutunk. A (23) és (24) egyenletekből, valamint az energiamegmaradást kifejező (17) és (18) egyenletekből álló egyenletrendszerből az $|a_p|^2$ és $|a_m|^2$ visz-szavert intenzitások már kifejezhetők. A számításokat elvégezve az

$$|a_m|^2 = \frac{\sin^2(\alpha - \beta)}{\sin^2(\alpha + \beta)}, \quad (25)$$

és

$$|a_p|^2 = \frac{\operatorname{tg}^2(\alpha - \beta)}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta)} \quad (26)$$

eredmény adódik. Látható, hogy a merőlegeshez közeli beeséskor mindkét kifejezés az

$$|a_m|^2 = |a_p|^2 \sim \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 \quad (27)$$

összefüggéssel közelíthető. Mivel a beeső nyaláb amplitúdóját egységnyinek választottuk, a reflexiók együttható számértékileg megegyezik a $|a_p|^2 = |a_m|^2$ amplitúdó-négyzetekkel.

4.2. A Bouguer-formula

Bouguer kísérleti úton megállapította, hogy az átlátszó közegekben a fény intenzi-tása az

$$I = I_0 e^{-\kappa \cdot d} \quad (28)$$

összefüggés szerint csökken, ahol d a behatolási mélység, κ pedig a közegre jellemző ún. extinkciós állandó.

Az összefüggés elméletileg is egyszerűen levezethető, ha néhány plauzibilis felte-vést elfogadunk. Kézenfekvő, hogy egy kicsiny dx vastagságú rétegekben a fény in-tenzitáscsökkenése arányos a beeső fény intenzitásával valamint a szóró, ill. elnyelő centrumok számával. Ez utóbbi azonban homogén közeg esetén arányos a rétegvas-tagsággal, azaz

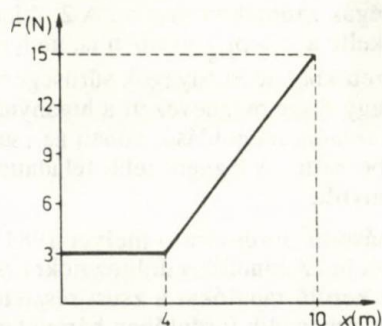
$$dI = -\kappa I dx \quad (29)$$

Az egyenletet a változók szétválasztásával integrálva a Bouguer-törvényhez jutunk.

Az 1989. évi Országos Középiskolai Fizika Tanulmányi Verseny. A szakközépiskolai tanulók versenye

Az OKTV Fizika I. a szakközépiskolai tanulók versenye, melynek első fordulóját ebben az évben 942 szakközépiskolai tanuló írta meg. Az előző évekhez képest a versenyzők száma jelentősen növekedett, ami egyértelműen a műszaki szakközépiskolákban folyó, a fizikára jelentős súlyt helyező oktatás beindításával magyarázható. Az első fordulóra 1989. január 9-én került sor, és ennek feladatai a következők voltak:

1. 2 kg tömegű testre állandó irányú, eredő erő hat, melynek nagysága az elmozdulás függvényében az ábra szerint változik (1. ábra).



1. ábra

- a) Mekkora a test kezdősebessége, ha a 4 m elmozduláshoz tartozó pillanatnyi sebessége 4 m/s, és iránya megegyezik az eredő erő irányával?
b) Mekkora a 10 m elmozduláshoz tartozó pillanatnyi sebesség?

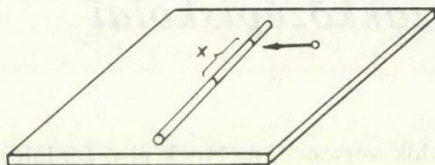
2. Vízrel telt, hengeres edény alján ρ sűrűségű, V térfogatú golyó van. Az edénybe higanyt öntünk mindaddig, amíg szintje az edény magasságának feléig ér. Mennyi az edényben lévő higany és víz térfogatának különbsége?
3. Egy villamosipari szakközépiskolában a fizika szakkör tagjai Foucault-ingát készítettek. Az inga a lépcsőházban lengett; egy fotodióda segítségével, elektronikus úton mérték meg mindig 100 – 100 lengés idejét. Megfigyelték, hogy eredményük függ a hőmérséklettől. Rendszeresen feljegyezték ezért a lengéside mellett a hőmérsékletet is, s az alábbi értékeket kapták:

Száz lengés ideje	Hőmérséklet
567,412 s	22 °C
567,422 s	24 °C
567,390 s	17 °C
567,430 s	29 °C
567,383 s	15 °C

- a) Az egyik esetben rosszul olvasták le a hőmérőt. Melyik ez a hibás érték?

b) Mennyi a lengésidő és milyen hosszú az inga 20°C -on? ($g = 9,8100 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$)

c) Mennyi az inga „fonalának” hőátadási együtthatója?



2. ábra

4. Sima, vízszintes síkon M tömegű, l hosszúságú rúd fekszik. A rúdra merőleges sebességgel m tömegű golyó teljesen rugalmasan ütközik a rúdba, a centrumától x távolságban. Mekkora ez a távolság, ha a golyó a teljes mozgási energiáját átadja a rúdnak? Az M és m milyen aránya mellett lehetséges ez? (A síkon mindkét test súrlódás nélkül mozog.) (2. ábra)

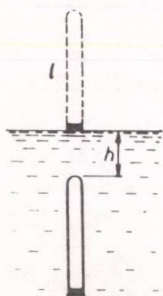
A tanárok által kijavított dolgozatokat a zsűri értékelte. A legváltozatosabb megoldások a 3. feladatban születtek, ennek javításában mutatkozott meg leginkább a tanárkollégák szubjektivitása is. A 2. feladat paraméteres megoldását nagyon sok tanuló értékelte a $\rho > \rho_{\text{Hg}}$ esetben is, melyre a hivatalos megoldás nem tért ki, mivel a környezetükben lévő anyagok sűrűsége rendszerint kisebb a higany sűrűségénél. A tanulók egy része megnevezett a higanynál nagyobb sűrűségű anyagokat is (pl. ozmium), és a feladat megoldását ebben az esetben is értékelte. Ezt a zsűri a javításnál figyelembe vette. A legnehezebb feladatnak – a várakozásnak megfelelően – a 4. feladat bizonyult.

A második fordulóra – melyet 1989. március 8-án rendeztek – a zsűri 109 tanulót hívott be. A tanulók a dolgozatokra csak az azonosító számukat írták fel, hogy a döntőbe kerülő tanulókat a zsűri részrehajlás nélkül választhassa ki. Sajnálattal láttuk, hogy a második fordulóban három tanuló 0 pontos dolgozatot írt, ami a második fordulóba jutásuk jogosságát kérdőjelezi meg. A második forduló feladatai a következők voltak:

1. A vízszintes síkra egy $r = 20$ cm sugarú körlapot fektetünk. A körlap középpontjába egy üvegkúp a csúcsával úgy támaszkodik fel, hogy tengelye merőleges a síkra. A kúp alapkörének sugara egyenlő a körlap sugarával.

a) Milyen nagyságúnak látjuk a körlap sugarát, ha nagy távolságból nézzük a kúp alapkörét a kúp tengelye irányából? A kúp csúcsánál lévő szög 60° -os, az üveg törésmutatója pedig $n = 1,4$.

b) Legalább mekkora lehet a kúp alapkörének sugara?



2. A függőleges helyzetű l hosszúságú, A keresztmetszetű pálcát, amelynek alsó véglapjára m tömegű, elhanyagolhatóan kicsiny térfogatú nehezéket erősítettünk, igen nagy kiterjedésű edényben lévő olaj fölött a felszín közvetlen közelében tartjuk. Elengedése után a pálca úgy fekeződik le, hogy az ábra szerinti helyzetben nyugalomban marad (3. ábra).

a) Mennyi a pálca anyagának sűrűsége?

b) Mennyi a mechanikai energiaveszteség?

$l = 30$ cm, $h = 10$ cm, $A = 0,5$ cm², $m = 4,5$ g $\rho_{\text{olaj}} = 900$ kg/m³

3. ábra

3. Vízszintes irányú, homogén mágneses mezőbe lövünk be m tömegű, Q töltésű részecskéket. Ha a részecskék sebességének iránya 30° -os szöget zár be a mágneses indukcióvektor irányával, akkor a részecskék egyenes vonalú, egyenletes mozgással haladnak tovább. Milyen magasra emelkedhetnek fel a részecskék, ha sebességük ugyanolyan nagyságú, de merőleges a mágneses indukcióvektorra?

4. Két azonos sikkondenzátor fegyverzeteinek távolsága d_0 , területe A . Mindkettőt feltöltjük U_0 feszültségre, és párhuzamosan kapcsoljuk őket. Ezután az egyik kondenzátor lemezeit közelítjük egymáshoz. A mozgítás közben a huzalokban állandó erősségű I áram folyik. Milyen távol vannak a fegyverzetek a mozgítás kezdete után t idővel? (A huzalok ellenállása elhanyagolhatóan kicsi.)

A 2. feladatban a legtöbb hibát akkor vétették a tanulók, amikor a változó nagyságú, majd állandóvá váló felhajtóerő munkáját kellett kiszámítaniuk. Meglepetéssel tapasztaltuk, hogy az általunk nehéznek ítélt 4. feladatban viszonylag sok jó megoldás született. A döntőt az előző évekhez hasonlóan Pécsen, a JPTE Fizika Tanszékén rendeztük meg. A döntőbe bekerült 12 tanulónak két mérési feladatot kellett megoldania 120-120 percben.

A versenyző tanulók végső sorrendjét a zsűri, a második fordulóban és a döntőben elért eredmények együttes figyelembevételével állapította meg.

- | | | |
|----------|-----------------|---|
| I. díj | Herbert Norbert | Zipernovszky K. SZKI Pécs (Kiss Jenő) |
| II. díj | Budai Zoltán | Landler J. Szk. Bp., (Barabás János) |
| III. díj | Kárászi Péter | Mechwart A. Szk. Debrecen (Dr. Kopcsa József) |

Helyezettek:

- | | | |
|-----|-------------------|---|
| 4. | Szakács Géza, | Lówy S. Szk. Vác (Arany Tóth László) |
| 5. | Hortoványi Ottó, | Mechwart A. Szk. Debrecen (Dr. Kopcsa József) |
| 6. | Nagy György, | Vági Szk. Bp., (Regele György) |
| 7. | Csuka Miklós, | Pattantyús Szk. Győr (Kovács Ferenc) |
| 8. | Györgyfi Sándor, | Mechwart A. Szk. Debrecen (Dr. Kopcsa József) |
| 9. | Márffy György, | Landler J. Szk. Bp., (Barabás János) |
| 10. | Husztok Szabolcs, | Ip. Szk. Miskolc (Ambrózy Béla) |

Dícséretet kaptak:

Gyarmati Károly, Mechwart A. Szk. Debrecen (Dr. Kopcsa József)
 Szép János, Hild J. Szk. Győr (Giczi Ferencné)
 Bessenyei György, Bp., Mechwart A. ISZKI (Juhászné Hegedűs Marianna)
 Jávorka László, Pécs, Zipernovszky K. MSZK. (Kiss Jenő)
 Szokody Fedor, Bp., Puskás T. HSZKI (Alapiné Ecseri Éva)
 Mentő Attila, Debrecen, Mechwart A. GSZKI (Dr. Kopcsa József)
 Halász Nándor, Miskolc, Bláthy O. VSZKI (Pásztóhy József)
 Szél Imre, Debrecen, Mechwart A. GSZKI (Dr. Kopcsa József)
 Balogh János, Jászberény, Liska J. ISZKI (Bakki Árpád)
 Szabados Zoltán, Boglárlelle, Mathiász J. MSZKI (Farkas László)
 Paksi Tamás, Szolnok, Pálffy J. MSZKI (Báthori Attila)
 Kathi Attila, Debrecen, Mechwart A. GSZKI (Dr. Kopcsa József)
 Csókás Szabolcs, Székesfehérvár Ságvári E. MSZKI (Dévényi Györgyné)
 Mechler Ádám István, Székesfehérvár, Ságvári E. MSZKI (Feczkó János)
 Németh Tibor, Szombathely, Savaria KÖZLGSZKI (Günditsné Gajzágó Mária)

JPTE Tanárképző Kar, Pécs

Az 1987-88. évi országos szakközépiskolai tanulmányi verseny kísérleti fordulójának feladatai és megoldásuk

A szakközépiskolai tanulók számára rendezett 1987-88. évi OKTV fizikaversenyének harmadik, kísérleti fordulóját 1988. május 4-én a pécsi Janus Pannonius Tudományegyetem Tanárképző Karának Fizika Tanszékén rendezték meg. A versenybizottság a második fordulóban nyújtott teljesítmények alapján 12 tanulót hívott be a kísérleti fordulóra. A rendelkezésre álló 4 óra alatt a tanulóknak két mérési feladatot kellett megoldani. A továbbiakban ismertetjük a kitűzött mérési feladatokat és azok megoldását. A tanulók a mérési feladatokat feladatlapokon kapták.

1. Feladatlap

1. Általános tudnivalók

Munkahelyén azonos átmérőjű és azonos anyagi minőségű acélhuzalból készült, különböző rugókat talál. A rugóra függeszthető testek tömege 50 g.

2. Feladatok

1. A rendelkezésére álló eszközök segítségével kísérletileg határozza meg, hogyan függ egy rugó rugóállandója a rugó átmérőjétől, illetve menetszámától!

2. Mérései alapján állapítsa meg, hogy milyen összefüggés áll fenn a rezgésidő és a rugó menetszáma között! Kísérletei során 100 g tömegű mérőtestet használjon!

Mérési eredményeit mindkét esetben ábrázolja grafikonon, és értelmezze matematikailag!

Megjegyzés

A mérési jegyzőkönyv készítése során törekedjen az áttekinthetőségre! A mérési jegyzőkönyv tükrözze a mérési eljárást és a munka menetét is! A rendelkezésre álló idő 120 perc

Az 1. mérési feladat megoldása:

1.a) A munkahelyen található rugók közül kiválaszthatók $d_1 = 10$ mm, $d_2 = 12,5$ mm, $d_3 = 15$ mm és $d_4 = 20$ mm átmérőjű rugók, a 10 mm átmérőjű rugókból pedig rendelkezésre állnak $n_1 = 34$, $n_2 = 51$ és $n_3 = 68$ menetszámú rugók. A rugóállandókat legegyszerűbben sztatikai úton határozhatjuk meg. Akasszunk valamennyi rugóra egy $m = 50$ g tömegű testet, és mérjük meg az y megnyúlásokat! Az egyensúlyi feltételből:

$$D = \frac{mg}{y} \quad (1)$$

b) Vizsgáljuk először a rugó átmérőjétől való függést!

A mérési eredmények és értékelésük:

n	d /mm/	y /mm/	m /g/	D (N/m)	$\ln d$	$\ln D$
34	10	43	50	11,41	2,3	2,43
	12,5	82		5,98	2,53	1,79
	15	145		3,38	2,71	1,22
	20	352		1,39	2,99	0,33

Ábrázoljuk a rugóállandót a rugóátmérő függvényében (1. ábra)! Az ábra alapján látható, hogy a rugó átmérőjének növekedésével a rugóállandó csökken. Keressük a két mennyiség közti kapcsolatot a

$$D = a \cdot d^b \quad (2)$$

alakban!

Logaritmizálva:

$$\ln D = a + b \cdot \ln d \quad (3)$$

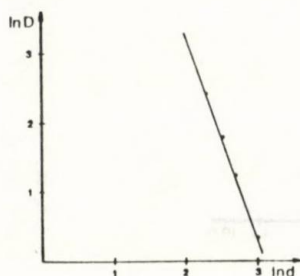
Ábrázoljunk $\ln D$ -t $\ln d$ függvényében! A 2. ábra szerint feltevésünk helyes, mert a kapott pontok egy egyenes mentén helyezkednek el. Két összetartozó értékpár felhasználásával b értéke meghatározható:

$$b = \frac{2,43 - 0,33}{2,3 - 2,99} = 3,04 \approx 3.$$

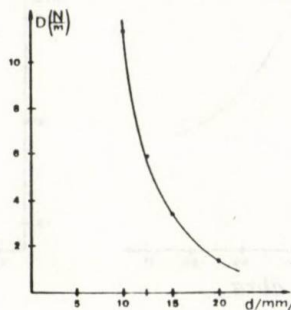
Tehát:

$$D \sim d^{-3} \quad \text{illetve} \quad D \sim \frac{1}{d^3}. \quad (4)$$

Egy rugó rugóállandója átmérőjének köbével fordítottan arányos.



1. ábra



2. ábra

c) Vizsgáljuk a rugóállandónak a rugó menetszámától való függését!

Mérési eredmények és értékelésük:

d /mm/	n	y /mm/	m /g/	D (N/m)	$\ln n$	$\ln D$
10	34	43	50	11,41	3,53	2,43
	51	68		7,21	3,93	1,98
	68	87		5,64	4,22	1,73

Ábrázoljuk a rugóállandót a menetszám függvényében (3. ábra)! A menetszám növekedésekor a rugóállandó csökken. A pontosabb összefüggést keressük a

$$D = c \cdot n^f \quad (5)$$

alakban!

Logaritmizálva:

$$\ln D = \ln c + f \cdot \ln n. \quad (6)$$

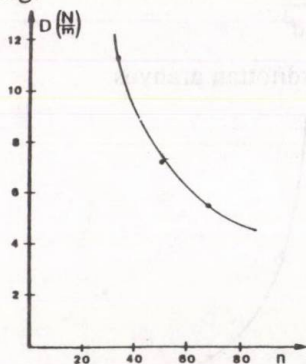
f értékét a 4. ábra alapján határozhatjuk meg.

$$f = \frac{2,43-1,73}{3,53-4,22} = -1,01 \approx -1.$$

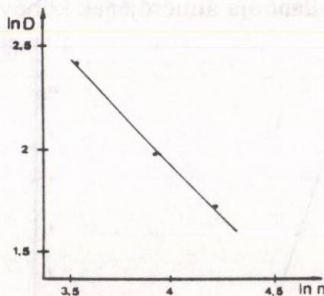
Egy csavarrugó rugóállandója tehát a rugó menetszámával fordítottan arányos, azaz

$$D \sim \frac{1}{n}. \quad (7)$$

2. Tanulmányozzuk az azonos átmérőjű különböző menetszámú rugók felhasználásával a rezgésidő menetszámtól való függését! A rezgésidőket 20 rezgés átlagaként határoztuk meg.



3. ábra



4. ábra

d /mm/	n	m /g/	T /s/	$\ln n$	$\ln T$
10	34	100	0,6	3,53	-0,51
	51		0,75	3,93	-0,29
	68		0,85	4,22	-0,16

A $T - n$ -grafikonról (5. ábra) látható, hogy n növelésével a rezgésidő nő. Ezt a kapcsolatot a

$$T = u \cdot n^v \quad (8)$$

hatványfüggvény írja le. v értékét az eddigiekhez hasonlóan az $\ln T - \ln n$ -grafikonról olvashatjuk le (6. ábra).

$$v = \frac{0,51 - (-0,16)}{3,53 - 4,22} = 0,51 \approx \frac{1}{2}.$$

A rezgésidő tehát $\sqrt{n}$ - nel arányos, azaz

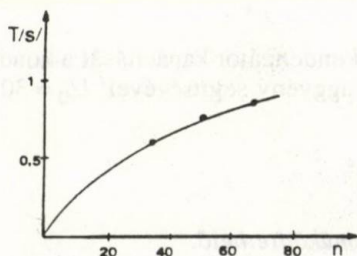
$$T \sim \sqrt{n}. \quad (9)$$

Ezt az eredményt már a mérés előtt megjósolhattuk volna, hiszen előzőleg már megállapítottuk, hogy

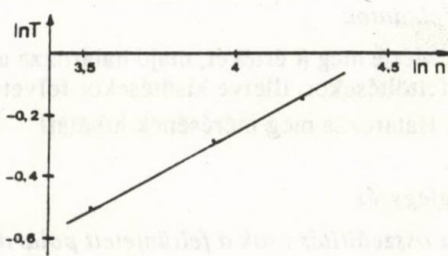
$$D = \text{áll.} \cdot \frac{1}{n}. \quad (10)$$

A rezgésidőre vonatkozó

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}} \quad (11)$$



5. ábra



6. ábra

összefüggést felhasználva:

$$T = \text{áll.} \cdot \sqrt{n}. \quad (12)$$

Megjegyzés:

Elméletileg levezethető, hogy a d átmérőjű, n menetszámú hengeres csavarrugó rugóállandója az alábbi módon határozható meg:

$$D = \frac{G}{8} \frac{d_{\text{huzal}}^4}{d^3} \frac{1}{n}, \quad (13)$$

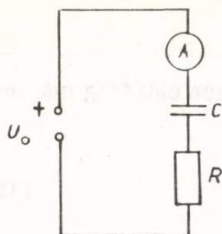
ahol G a rugó anyagának nyírási modulása, d_{huzal} pedig azon huzal átmérője, amiből a rugó készült.

2. Feladatlap

1. Általános tudnivalók

A kapcsolási rajz szerinti összeállításban a kondenzátor feltöltésekor az I áramerősség az alábbi módon függ a feltöltés t idejétől:

$$I = \frac{U_0}{R} e^{-\frac{t}{R \cdot C}}, \quad \text{ahol}$$



7. ábra

U_0 a telep feszültsége,

R az áramkör ohmos ellenállása,

C a kondenzátor kapacitása.

($e = 2,718\ 281\ 8\dots$).

Hasonló függvény írja le kisütéskor is az áramerősség időfüggését.

2. Feladatok

1. Mérje meg R értékét, majd határozza meg a kondenzátor kapacitását a kondenzátor feltöltésekor, illetve kisütésekor felvett $I(t)$ függvény segítségével! $U_0 = 30\text{ V}$.

2. Határozza meg mérésének hibáját!

Megjegyzés

Az összeállítás csak a feltüntetett polaritással működtethető.

A mérési jegyzőkönyv készítése során törekedjen az áttekinthetőségre! A mérési jegyzőkönyv tükrözze a mérési eljárást és a munka menetét is!

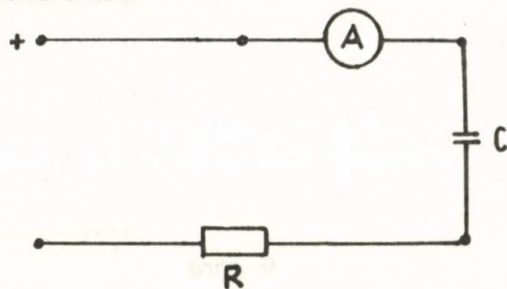
A rendelkezésre álló idő 120 perc.

A 2. mérési feladat megoldása

1. Felhasznált eszközök:

a) Minden tanuló munkahelyén a következő eszközöket biztosítottuk:

1. 1 db fűstsínű plexiből készült doboz, melynek felső lapján, az alábbiak szerint a kapcsolási rajzot is feltüntettük:



8. ábra

A kondenzátor kapacitásának értéke és az ellenállás értéke kívülről nem volt látható. A kis körök banánhüvely-kivezetéseket jelölnek.

A választott ellenállások és kondenzátorok értéke minden mérőhelyen közel azonos volt. $R = 982 \text{ k}\Omega - 985 \text{ k}\Omega$, $C = 28,3 \text{ }\mu\text{F} - 30,2 \text{ }\mu\text{F}$.

2. 1 db Ganzuniv D típusú digitális műszer, mely alkalmas feszültség, áramerősség és az ellenállás közvetlen mérésére. Áramerősségmérésnél a legkisebb méréshatár $200 \text{ }\mu\text{A}$. A műszer használatát ismertettük a tanulókkal.

3. Az előírt $U_0 = 30 \text{ V}$ feszültséget egy egyenáramú feszültségforrás (TR-9178) biztosította. Az U_0 feszültség értékét előre beállítottuk.

4. A teremben elhelyezett 1 db elektromos metronom szolgáltatta a mérés elvégzéséhez szükséges egyenlő időközöket. A rövid jeleket 5 másodpercenként, nagy pontossággal bocsátotta ki. Technikai szempontból ezen időintervallum választása volt célszerű, hiszen a műszerről leolvasott értékeket a tanulóknak le is kellett jegyezni.

5. 1 db kézi stopper.

2.a) Az R ellenállás értékének meghatározása

1. R értékét közvetlen ellenállásméréssel is meghatározhatták a tanulók, hiszen a műszer erre alkalmas.

2. R értéke a rákapcsolt U feszültség és a rajta átfolyó áram erősségének I értékeiből is meghatározható.

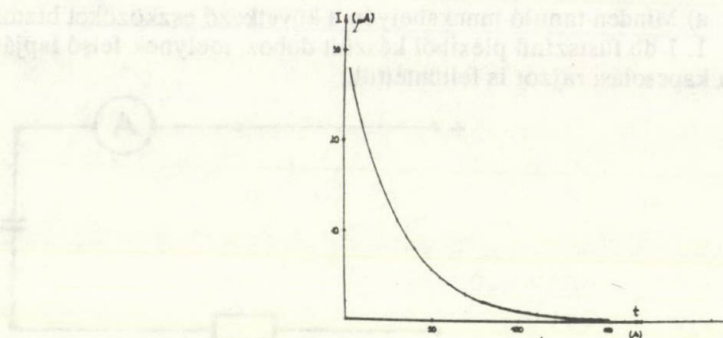
b) Az $I(t)$ függvény felvétele a kondenzátor feltöltésekor

($R = 985 \text{ k}\Omega$, $C = 30,2 \text{ }\mu\text{F}$)

$t \text{ (s)}$	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
$I \text{ (}\mu\text{A)}$	25,7	21,8	18,4	15,5	13,2	11,1	9,5	8,0	6,7	5,7	4,8	4,1	3,5	2,9	2,5

$t \text{ (s)}$	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150
$I \text{ (}\mu\text{A)}$	2,1	1,8	1,5	1,3	1,1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2

c) Az $I(t)$ függvény ábrázolása
a kondenzátor feltöltése esetén:



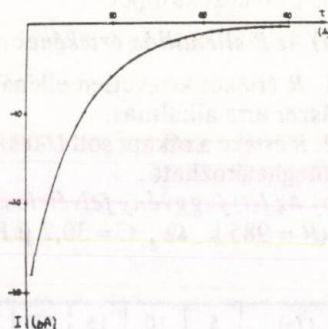
9. ábra

d) Az $I(t)$ függvény felvétele a kondenzátor kisütésekor
($R = 985 \text{ k}\Omega$, $C = 30,2 \text{ }\mu\text{F}$)

$t \text{ (s)}$	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
$I \text{ (}\mu\text{A)}$	26,5	22,1	18,6	15,7	13,5	11,3	9,8	8,2	7,0	5,9	5,0	4,2	3,6	3,0	2,5

$t \text{ (s)}$	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150
$I \text{ (}\mu\text{A)}$	2,2	1,9	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4

e) Az $I(t)$ függvény ábrázolása
a kondenzátor kisütése esetén:



10. ábra

f) A kondenzátor kapacitásának meghatározása:

1. A töltőáram erősségének időfüggésére szolgáló, általunk megadott

$$I = \frac{U_0}{R} e^{-\frac{t}{RC}} \quad \text{összefüggés a következő megfontolások eredménye:}$$

A 7. ábrán feltüntetett hurokra alkalmazható Kirchhoff II. törvénye:

$$R \cdot I + U_c = U_0, \quad (14)$$

ahol I a töltőáram erősségének pillanatnyi értéke, U_c pedig a kondenzátorra jutó feszültség pillanatnyi értéke.

Tudjuk, hogy $I = \frac{dQ}{dt}$, és (15)

$$U_c = \frac{Q}{C}. \quad (16)$$

Az utóbbi összefüggésekkel az első egyenletünk így fejezhető ki:

$$R \cdot \frac{d(C \cdot U_c)}{dt} + U_c = U_0. \quad (17)$$

Átrendezve:

$$\frac{dU_c}{dt} + \frac{U_c}{RC} = \frac{U_0}{RC}. \quad (18)$$

Ezen differenciálegyenlet megoldása:

$$U = U_0 (1 - e^{-\frac{t}{RC}}), \text{ az áram erőssége} \quad (19)$$

pedig $I = \frac{U_0}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$ adódik (20)

2. Bármelyik időértékhez tartozó áramerősségből a C kapacitás számolható. A számításokhoz használható a 10-es alapú logaritmus és a természetes alapú logaritmus is. Pl. feltöltéskor $t = 20$ s esetén $I = 15,5 \mu\text{A}$.

az $I = \frac{U_0}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$ összefüggést átrendezve:

$$\frac{IR}{U_0} = e^{-\frac{t}{RC}} \quad (21)$$

adódik.

Mindkét oldal logaritmusát véve:

$$\lg \frac{IR}{U_0} = -\frac{t}{RC} \cdot \lg e, \quad (22)$$

illetve

$$\ln \frac{IR}{U_0} = -\frac{t}{RC}. \quad (23)$$

$$C = -\frac{t}{R} \cdot \frac{\lg e}{\lg \frac{IR}{U_0}}, \quad (24)$$

illetve

$$C = - \frac{t}{R \cdot \ln \frac{IR}{U_0}} \quad (25)$$

$$C = 30,05 \mu\text{F}.$$

Kiszámítva több időérték esetén C értékét, majd átlagolva megkapjuk a kondenzátor kapacitásának legvalószínűbb értékét.

3. Ha $\tau = RC$ (az RC szorzatot időállandónak hívjuk), akkor

$$I = \frac{U_0}{R} \cdot e^{-1} = \frac{U_0}{e \cdot R} = \frac{30 \text{ V}}{2,718 \cdot 985 \cdot 10^3 \Omega} = 11,2 \mu\text{A}.$$

Ha megmérjük kézi stopperrel azt az időt ($\tau = 29,7 \text{ s}$), amikor az áramerősség értéke a feltöltéskor $11,2 \mu\text{A}$, akkor éppen az időállandót mértük meg, amiből C meghatározható:

$$C = \frac{\tau}{R} = \frac{29,7 \text{ s}}{985 \cdot 10^3 \Omega} = 30,2 \mu\text{F}.$$

g) Az előzőekben elvégzett számítások lehetőséget adnak a mérés hibájának meghatározására is.

KISS LAJOS
Gyöngyös
Berze Nagy János Gimn.

DR. VIDA JÓZSEF
Eger
Tanárképző Főiskola

Beszámoló a Heves megyei általános iskolai fizika tanulmányi versenyről

Az ELFT Heves megyei csoportja, az egeri Tanárképző Főiskola Fizika Tanszéke, a Heves megyei Pedagógiai Intézet, a Heves megyei Úttörőelnökség, a gyöngyösi Török Ignác Úttörőház és a gyöngyösi Berze Nagy János Gimnázium az 1987/88-as tanévben megyei tanulmányi versenyt hirdetett meg fizikából az általános iskolai tanulók számára.

A vetélkedőt a rendezők és az iskolák tanárai is hasznosnak ítélték meg, ezért az 1988/89-es tanévben ismét kiírták a versenyt.

Akárcsak az első évben, most is három fordulóra tervezték. Az első iskolai fordulót a tanulók saját iskoláikban írták meg, a dolgozatokat az iskolák tanárai javították. A második forduló is írásbeli feladatokat tartalmazott, de a lebonyolításra az úttörőközpontokban került sor. A kilencven tanulóból 18 jutott be a döntőbe, amit Gyöngyösön, a Török Ignác Úttörőházban tartottak meg 1989. február 18-án.

A döntő írásbeli feladatok megoldásával kezdődött, ami után a legtöbb pontot gyűjtő tíz tanuló folytatta a versenyzést. Fizikai totó és keresztretjtvény következett, majd egy mérési feladatot kellett elvégezniük. Ettől kezdve már csak öt tanuló versengett, akik a helyszínen bemutatott kísérleteket és gondolkodtató fizikai problémákat elemezték.

A végső helyezési sorrend:

- | | |
|---------------------|--|
| I. DOKA GYULA | Gyöngyös, 3.Sz. Általános Iskola
(Tanára: Ádámné Fekete Edit) |
| II. FÜLEKI GÁBOR | Gyöngyös, 7.Sz. Általános Iskola
(Tanára: Dobos Imréné) |
| III. KOVÁCH GERGELY | Gyöngyös, 7.Sz. Általános Iskola
(Tanára: Dobos Imréné) |
| IV. HORVÁTH ANDRÁS | Gyöngyös, 2.Sz. Általános Iskola
(Tanára: Horváth Tiborné) |
| V. CSÖRGŐ TIBOR | Visznek, Általános Iskola
(Tanára: Hell Lászlóné) |

Minden részt vevő tanuló oklevelet és könyvet kapott, a legjobbak emellett még tárgyjutalomban is részesültek.

Az alábbiakban közöljük a második forduló feladatait, a döntőből az írásbeli feladatsort és a mérési feladatot.

Ki miben tudós fizikából?

(2. forduló 1989. január)

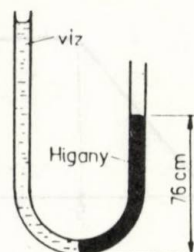
I. Az alábbi állítások után írd oda a véleményed.

A következő válaszokat használd: Igaz; Nem igaz; Igaz, ha... (minden jó válasz 0,5 pontot ér).

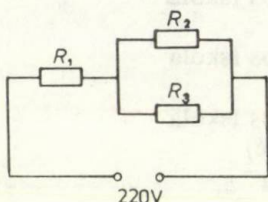
- A magára hagyott test mindig egyenes vonalú egyenletes mozgást végez.
 - Két test közül annak nagyobb a tömege, amelynek nagyobb a sűrűsége.
 - Nagyobb belső energiaváltozás nagyobb hőmérséklet-változást okoz.
 - Az energia és a munka mértékegysége a joule.
 - Ohm törvénye szerint a fémes vezetőn átfolyó áramerősség fordítottan arányos a vezető végein mért feszültséggel.
 - Egy adott hosszúságú rézvezetéket kétrét hajtunk. Ekkor az ellenállása negyedére csökken.
 - A testek súlya a Föld felszínén és a Marson is ugyanakkora, hiszen ugyanannyi részecskéből áll.
 - A függőlegesen fára mászó ember kisebb munkát végez, mintha ugyanolyan magasra létrán mászna fel.
 - Nagyobb erőnek nagyobb a forgatónyomatéka.
 - A súrlódási erő nem függ a felületek nagyságától.
2. Amikor a folyadékot melegítjük, nemcsak a folyadék, hanem az őt tartalmazó edény is kitágul. Miért észlelhetjük mégis a folyadék térfogatának növekedését? Röviden magyarázd! (2 pont)
3. A gyümölcsöknek már régóta ismert tartósítási módja az aszalás. Magyarázd a jelenséget fizikus szemmel minél részletesebben! (2 pont)
4. Milyen magasan van a víz a közlekedőedény bal oldali csővében?

Indokold! (2 pont) Higanysűrűsége = $13\,600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

(1. ábra)



5. Vízben úszik egy 0,6 kg-os fakocka, amelynek sűrűsége $600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Milyen mélyen merül a vízbe? (5 pont)



6. Mekkora az áramkörben lévő ellenállásokon eső feszültség és a rajtuk átfolyó áramerősség? (2. ábra) (5 pont)

$$R_1 = 100 \text{ ohm}$$

$$R_2 = 40 \text{ ohm}$$

$$R_3 = 20 \text{ ohm.}$$

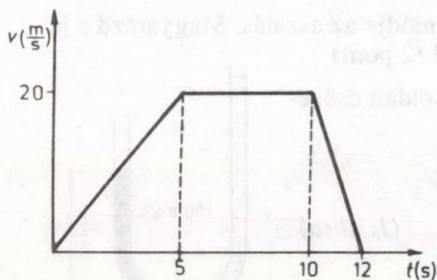
2. ábra

7. A 4 m hosszú mérleghinta egyik végén az 55 kg-os Peti ül, a másik végén pedig az 50 kg-os Kati. Hová kell tenni a 6 kg-os iskolatáskát, hogy a hinta vízszintesen egyensúlyban legyen? Mekkora erővel nyomja az alátámasztás a rudat? A rúd súlyát elhanyagolhatjuk. (5 pont)
8. Egy termosztban összekeverünk 0,4 kg 70°C -os vizet és 0,2 kg 20°C -os alkoholt, amelynek fajhője $2,38 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$.
A víz fajhője $4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$. Mekkora lesz a közös hőmérséklet? (5 pont)
9. Két állomás (A és B) távolsága 20 km. Az A állomásról a B felé előbb személy, majd gyorsvonat indul. A személyvonat 30 km/h, a gyorsvonat 60 km/h átlagos sebességgel közlekedik. Mennyivel később kell indulnia a gyorsvonatnak, hogy a személyvonat érkezése után félórával érkezzon a B állomásra? (5 pont)

Írásbeli feladatsor

(1989. február 18.)

1. Jelöld meg a grafikonon – számolás után – annak az egyenletes mozgásnak a sebességét, amellyel a test egyenletesen mozogva, 12 s alatt ugyanakkora utat tenne meg, mint az ábrán látható változó mozgás esetén! (3. ábra)
2. Válasszál szét 1 kg 80°C -os vizet úgy, hogy az egyik rész jéggé alakulásakor felszabaduló energiával azonos energia legyen szükséges a másik rész 100°C -os gőzzé való alakításához!

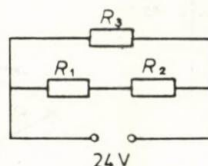


$$L_f = 2256 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}; \quad L_0 = 335 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}};$$

$$C_{\text{víz}} = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}.$$

3. ábra

3. a) Mekkora az áramkör összes teljesítménye? (4. ábra)
 b) Mennyi lesz a teljesítménye az áramkörnek, ha az R_1 és R_2 ellenállásokat felcseréljük?
 $R_1 = R_2 = 10 \text{ ohm}$
 $R_3 = 5 \text{ ohm}$



4. ábra

4. Egy motorcsónakra a víz 2500 N nagyságú ellenállást fejt ki. Mekkora sebesség elérésére képes a csónak, ha motorja 25 kW-os?

Mérési feladat

Határozd meg minél pontosabban a kiadott fémcsavar anyagának sűrűségét!

Felhasználható eszközök: fémcsavar, rugós erőmérő, cérna, főzőpohár, víz.

A verseny szervezői újon megerősödtek abban a hitükben, hogy az ilyen és ehhez hasonló vetélkedőkre szükség van. Jó volt látni ahogyan a tanulók készültek a vetélkedőre, meggyőződni arról, hogy a szakköri munkára (amivel jobban elmélyíthető, elsajátítható a tananyag) nagy szükség van.

Örömmel adunk hírt arról, hogy a következő tanévtől kezdve minden érdeklődő és arra érdemes Heves megyei tanulónak lehetősége lesz olyan szakkörbe járni, ahol tehetsége kibontakozhat. Ennek eredményeként várjuk, hogy a jövő évi verseny színvonala is nőni fog.

Hasznosnak tartanánk, ha más megyék is követnék példánkat, s a versenyek lebonyolítása után esetleg a megyék közötti vetélkedőre is sor kerülhetne.

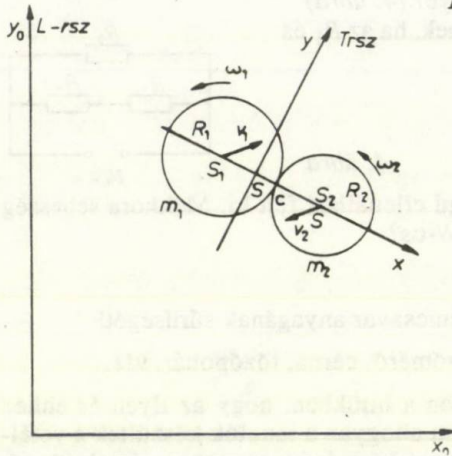
NAGY TIBOR tanár

Szolnok, Varga Katalin Gimnázium

Valós ütközések elmélete

A középiskolai mechanika oktatása során számos helyen találkozunk ütköző testekkel. Hasznos mérőberendezésünk ehhez egy légpárnás asztal, amely használható több alapvető törvény igazolására: lendületmegmaradás, perdületmegmaradás, tömegadditivitás stb. Sebességmérésére kifinomult módszereink vannak fotokapukkal és hozzáillesztett számítógép segítségével. Kevésbé szokásos a forgó, haladó korongok vizsgálata, miután a szögsebesség mérése nehezebb. A mérés egyik lehetséges módja, hogy az ütközésről stroboképeket készítünk, s a felvételeket kiértékeljük. Megjelölünk a korong kerületén egy pontot, s ennek a szögelfordulását határozzuk meg egy-egy felvillanás során. A lámpa frekvenciájából a szögelfordulásokhoz tartozó idő is meghatározható, s így már a szögsebesség mérése számítható. Ettől kicsit eltérő módszer lehet a szögsebesség mérése világító diódák segítségével, melyeket a korongokba építünk be, egyet a középpontba és egyet a kerületbe. A korongba beépített vibrátor segítségével szaggatott felvillanásokra készítjük őket, majd az ütközésekről nyitott zárral fényképfelvételt készítünk. A vibrátor frekvenciáját ismerve a felvételről meghatározhatjuk a testek szögsebességét. Ez utóbbi eljárás ott használható, ahol nincs megfelelő strobolámpa.

1. ábra. A tömegközépponti rsz elhelyezése



Ebben a cikkben az ütközés elméletének olyan megfogalmazását írjuk le, amelynek segítségével forgó-haladó korongok mérési eredményére jóslásokat tehetünk. Ezek után feladatokat tűzünk ki, melyekben el tudjuk mélyíteni a lendület- és perdületmegmaradás törvényeit.

Az ütközéseket abban az általános esetben tárgyaljuk, amikor a korongok rugalmas-ságát, valamint a korongok széleinek köszörültségét is figyelembe vesszük, s megengedünk egyenes és ferde ütközést egyaránt. A mozgást olyan tömegközépponti rendszerben írjuk le, amelynek „X” tengelye illeszkedik a korongok középpontjára. Ebből a rendszerből kevés számolással vissza tudunk térni a tanteremhez rögzített laboratóriumi rendszerre. (Ismerni kell a két koordináta-rendszer tengelyei által bezárt szöget, valamint a tömegközéppont sebességét, amik viszont a kezdeti adatokból meghatározhatók. 1. ábra.)

Az ütközés anyagállandói és egyenletei

Valós ütközések tárgyalásakor önmagában a lendület és perdületmegmaradás törvényei nem elegendők, szükséges két anyagállandó bevezetése.

a) Ütközési szám

Az ütközés rugalmasságát jellemzi az ütközési szám vagy más néven visszaállítási együttható, jele k .

Definíciója: az ütközés utáni, ill. előtti relatív sebességek normális komponenseinek hányadosa:

$$k = \frac{u_{2x} - u_{1x}}{v_{1x} - v_{2x}} \quad (1)$$

Itt fölhasználtuk, hogy a mi koordináta-rendszerünkben az ütközés normálisa az x tengellyel esik egybe.

Már Huygens észrevette, hogy rugalmas ütközéskor az egymáshoz viszonyított sebességek normális komponensei előjelet cserélnek, tehát $k=1$. Tökéletesen rugalmatlan ütközéskor, mivel $u_{2x} = u_{1x}$, $k=0$. Valós esetben: $0 < k < 1$.

b) Kösörülési paraméter

A korongszélek minőségét a κ kösörülési paraméter jellemzi. Súrlódó szélek révén az érintkező testek perdítenek egymáson, a gyorsabban forgó lelassul, a lassúbb pedig felgyorsul, vagyis a C ütközési pontban az érintőirányú sebességkomponensek különbsége lecsökken.

κ definíciója:

$$\kappa = \frac{u_{c2y} - u_{c1y}}{v_{c2y} - v_{c1y}} \quad (2)$$

Sima korongszélek esetén a korongok tangenciális sebessége nem változik, miután a testek érintőirányban nem fejtenek ki erőket egymásra, így ilyenkor $\kappa = 1$. Érdekes szélek esetén, pl. fogaskerekekénél $\kappa = 0$. Valós esetben: $0 < \kappa < 1$.

c) Az ütközés egyenletei

Ezek után a megmaradási tételeink segítségével választ kaphatunk a minket érdeklő kérdésekre, így az ütközés utáni sebességekre ($\vec{u}_1, \vec{u}_2$) az ütközés utáni szögsebességekre ($\vec{\varphi}_1, \vec{\varphi}_2$), valamint az ütközés során egymásnak átadott lendületre vagy más

néven erőlkésre ($\vec{I}$). A lendületmegmaradás alapján:

$$m_1 \vec{u}_1 = m_1 \vec{v}_1 + \vec{I} \quad (3)$$

$$m_2 \vec{u}_2 = m_2 \vec{v}_2 - \vec{I} \quad (4)$$

A perdületmegmaradás alapján:

$$\Theta_1 \vec{\varphi}_1 = \Theta_1 \vec{\omega}_1 + \vec{R}_1 \times \vec{I}, \quad (5)$$

$$\Theta_2 \vec{\varphi}_2 = \Theta_2 \vec{\omega}_2 - \vec{R}_2 \times \vec{I} \quad (6)$$

Az (1-6) egyenletrendszer tartalmazza az ütközést leíró nyolc ismeretlent $/ u_{1x}, u_{1y}, u_{2x}, u_{2y}, \varphi_1, \varphi_2, I_x, I_y /$.

A nyolc komponens egyenlet:

$$m_1 u_{1x} = m_1 v_{1x} + I_x, \quad (7)$$

$$m_1 u_{1y} = m_1 v_{1y} + I_y, \quad (8)$$

$$m_2 u_{2x} = m_2 v_{2x} + I_x, \quad (9)$$

$$m_2 u_{2y} = m_2 v_{2y} + I_y, \quad (10)$$

$$\Theta_1 \varphi_1 = \Theta_1 \omega_1 + R_1 I_y, \quad (11)$$

$$\Theta_2 \varphi_2 = \Theta_2 \omega_2 + R_2 I_y, \quad (12)$$

$$u_{2x} - u_{1x} = k (v_{1x} - v_{2x}), \quad (13)$$

$$u_{2y} - u_{1y} - R_2 \varphi_2 - R_1 \varphi_1 = \kappa (v_{2y} - v_{1y} - R_2 \omega_2 - R_1 \omega_1). \quad (14)$$

Az utolsó (14) egyenlet származtatásakor felhasználtuk, hogy az ütközési pontban a korongok sebessége a következő alakú:

$$\vec{v}_c = \vec{v} + \vec{\omega} \times \vec{R},$$

illetve

$$\vec{u}_c = \vec{u} + \vec{\varphi} \times \vec{R}.$$

A (7-14) egyenletekből álló egyenletrendszer megoldható számítógéppel, de kézzel is a Cramer-szabály alapján is dolgozhatunk, mivel az egyenletrendszer mátrixa elég hézagos. A megoldásokat abban a reményben adom meg, hogy a nyomda őrdöge nem változtat alakjukon.

Az egyenletrendszer megoldása

$$1) u_{1x} = \frac{km_2 (v_{2x} - v_{1x})}{m_1 + m_2}$$

$$2) u_{1y} = \frac{v_{1y} (m_2^{-1} + R_2^2 \Theta_2^{-1} + R_1^2 \Theta_1^{-1}) - m_1^{-1} [\kappa (v_{2y} - v_{1y} - R_2 \omega_2 - R_1 \omega_1) - v_{2y} + R_2 \omega_2 + R_1 \omega_1]}{R_1^2 \Theta_1^{-1} + R_2^2 \Theta_2^{-1} + m_1^{-1} + m_2^{-1}}$$

$$3) u_{2x} = \frac{km_1 (v_{1x} - v_{2x})}{m_1 + m_2}$$

$$4) u_{2y} = \frac{v_{2y} (m_1^{-1} + R_2^2 \Theta_2^{-1} + R_1^2 \Theta_1^{-1}) + m_2^{-1} [\kappa (v_{2y} - v_{1y} - R_2 \omega_2 - R_1 \omega_1) + v_{1y} + R_2 \omega_2 + R_1 \omega_1]}{R_1^2 \Theta_1^{-1} + R_2^2 \Theta_2^{-1} + m_1^{-1} + m_2^{-1}}$$

$$5) I_x = \frac{v_{2x} - v_{1x} - k (v_{1x} - v_{2x})}{m_1^{-1} + m_2^{-1}}$$

$$6) I_y = \frac{v_{2y} - \kappa (v_{2y} - v_{1y} - R_2 \omega_2 - R_1 \omega_1) - v_{1y} - R_1 \omega_1 - R_2 \omega_2}{R_1^2 \Theta_1^{-1} + R_2^2 \Theta_2^{-1} + m_1^{-1} + m_2^{-1}}$$

$$7) \varphi_1 = \frac{\omega_1 (m_1^{-1} + m_2^{-1} + R_2^2 \Theta_2^{-1}) - R_1 \Theta_1^{-1} [\kappa (v_{2y} - v_{1y} - R_2 \omega_2 - R_1 \omega_1) + v_{1y} - v_{2y} + R_2 \omega_2]}{R_1^2 \Theta_1^{-1} + R_2^2 \Theta_2^{-1} + m_1^{-1} + m_2^{-1}}$$

$$8) \varphi_2 = \frac{\omega_2 (m_1^{-1} + m_2^{-1} + R_1^2 \Theta_1^{-1}) - R_2 \Theta_2^{-1} [\kappa (v_{2y} - v_{1y} - R_2 \omega_2 - R_1 \omega_1) + v_{1y} - v_{2y} + R_1 \omega_1]}{R_1^2 \Theta_1^{-1} + R_2^2 \Theta_2^{-1} + m_1^{-1} + m_2^{-1}}$$

A fentiek alapján egyszerűen megoldhatók az alábbi feladatok:

1. Légpárnás asztalon két egyforma homogén korong halad egymással szemben az x tengely mentén, egyenlő nagyságú sebességgel. Az ütközés előtt az egyik korong

ω szögsebességgel forog, a másik nem forog. Hogyan mozognak az ütközés után, ha tökéletesen rugalmatlanok és érdesek? ($k=0$, $\kappa=0$)

2. Mennyi ideig pattog a h magasságból leejtett labda, ha az ütközési szám k ? (Az eredmény hogyan használható a k mérésére?)

3. Mutassuk meg, hogy tökéletesen sima peremű korongok ferde ütközésekor a mozgási energiavesztés:

$$\Delta E = \frac{1-k^2}{2} \cdot \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (v_{2n} - v_{1n})^2 \quad (\text{Carnot-féle veszteség})$$

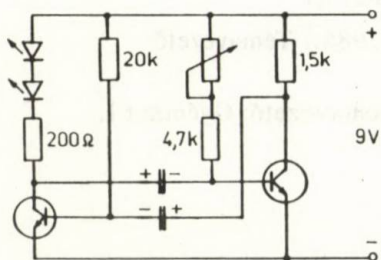
v_{2n} ill. v_{1n} az ütközés előtti sebességek normális komponensei.

4. H magasságból leejtett test milyen magasra emelkedik egy nagy tömegű vízszintes lapról az első, második, harmadik... n . ütközés után, ha az ütközési szám k ?

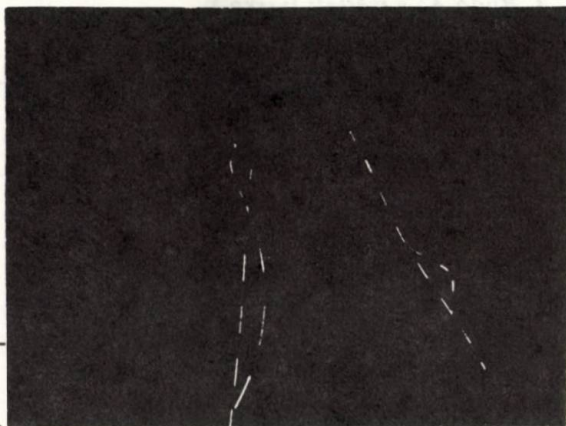
5. Légpárnás asztalon m tömegű korong csúszik és α szög alatt sima, merev falnak ütközik. Mekkora szögben verődik vissza, ha az ütközési szám k ?

Befejező megjegyzések

Az ütközésekről fényképeket készítettünk, azonban a strobolámpával készültek nem „elég jó” minőségűek, aminek az az oka, hogy iskolánkban csak kis teljesítményű lámpa van. Elfogadható és kiértékelhető felvételeket a világító diódákkal kaptunk, (2-3. ábra). A diódák frekvenciája változtatható, a felvételek kb. 5 Hz frekvenciával készültek. Zöld és sárga LED-et használtunk. (Tapasztalatunk szerint a zöld nyomképe jobban látszik a fényképeken!)

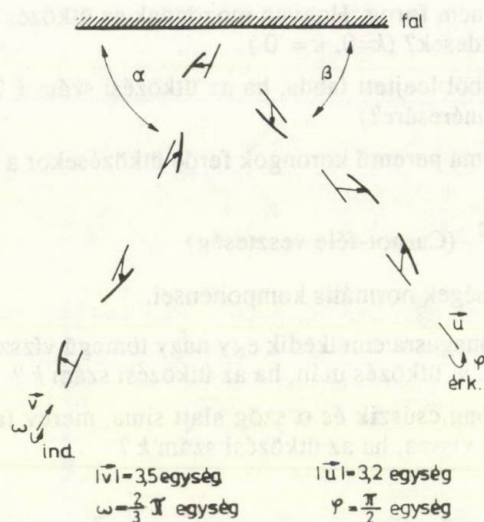


2. ábra. A beépített vibrátor kapcsolási rajza



3. ábra

A felvételekhez 27 DIN-es filmet használtunk, teljesen nyitott blendével B idővel fotóztunk Practika géppel. Méréseink szerint az általunk használt műanyag korongokra a fallal történő ütközés esetében $k=0,74$ és $\kappa=0,87$ adódott (4. ábra). Hasonlóan a korongok egymás közötti ütközésére is meghatározhatjuk az anyagállandókat. Ezek segítségével elmélyíthetjük a tanulók ismereteit a lendület- és perdületmegmaradás témakörében. A felvételek szépen mutatják a tömegközéppont egyenes vonalú egyenletes mozgását magára hagyott test esetében. Tömeget és tehetetlenségi nyomatékot mérhetünk, ha etalon testet használunk. A filmről nem fontos papírképet készíteni, diavetítővel is kivethetjük a nyomképeket.



Érdeklődő tanulók segítségével számítógépes programot is készítettünk C 64-es gépre, amely a forgóhaladó korongok ütközését szimulálja. A kezdeti feltételek függvényében valós ütközések esetében meghatározza az ütközés helyét, idejét, az ütközés utáni sebességeket, szögsebességeket a rugalmassági és köszörültségi anyagállandók figyelembevételével.

4. ábra. Az anyagállandók meghatározása fallal történő ütközésre

$$|v| = 3,5 \text{ egység} \quad |u| = 3,2 \text{ egység}$$

$$\omega = \frac{2}{3} \pi \text{ egység} \quad \varphi = \frac{\pi}{2} \text{ egység}$$

$$k = \frac{u \sin \beta}{v \sin \alpha} = 0,74$$

$$\kappa = \frac{u \cos \beta - v \varphi}{v \cos \alpha - \omega} = 0,87$$

IRODALOM

1. Budó Á: Kísérleti fizika I.
2. Fizikai kézikönyv műszakiaknak (főszerk. Antal J.)
3. Nagy Attila: Ütközések (szakdolgozat, JATE 1986.) Témavezető Gyémánt Iván
4. Nagy Tibor: Ütközések (szakd. JATE 1988) Témavezető: Gyémánt I.
5. Középiskolai Matematikai Lapok

SOMOGYI SÁNDOR

Győr,
Jedlik Ányos Ipari Szakközépiskola

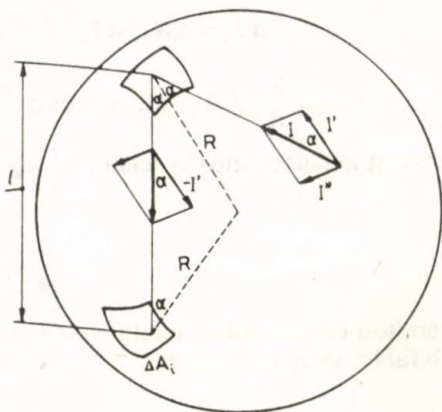
Az ideális gáz nyomása gömb alakú tartályban

Tankönyveink az elzárt ideális gáz nyomását a kinetikai gázmodell alapján kocka vagy téglatest alakú tartályt feltételezve határozzák meg.

Az említettekhez hasonlóan egyszerű, bármely középiskolában ismertethető gondolatmenettel gömb alakú tartóedény esetén is számítható a gáznyomás.

* * *

Legyen az R sugarú gömb alakú tartályban N számú, egyenként μ tömegű gázcsepecske, és tekintsük érvényesnek a kinetikai gázelmélet alapfeltevéseit! További egyszerűsítés céljából először tételezzük fel, hogy mindegyiküknek azonos (v) nagyságú a sebessége és az impulzusa (μv)! Osszuk fel a gömbfelületet kis ΔA_i elemekre, és vizsgáljuk az egyik ilyenre Δt idő alatt érkező molekulák által átadott impulzust (lásd az ábrát)!



A gáz nyomása a gömb alakú tartályban

Először szemeljünk ki egyetlen részecskét, és határozzuk meg impulzusváltozását 1 ütközés alatt. A fal csak a rá merőleges impulzuskomponenst változtatja meg, tehát

$$\Delta I_1 = 2 I_m = 2 \mu v \cos \alpha$$

E részecskének kétszeri falat érése között $l = 2R \cos \alpha$ utat kell megtennie, miközben eltelik

$$t = \frac{2R \cos \alpha}{v} \text{ idő.}$$

Így időegységenként

$$\frac{1}{t} = \frac{v}{2R \cos \alpha} \text{ alkalommal, } \Delta t \text{ időköz alatt pedig}$$

$$S = \frac{v}{2R \cos \alpha} \Delta t \text{ -szer ütközik a fal valamelyik kicsiny } \Delta A_i \text{ részébe.}$$

Az elemi tárgyalásmód alapfeltevéseivel összhangban mondhatjuk, hogy azonos időközök alatt bármelyik ΔA_i -re a felületrész nagyságával arányos számú ΔN_i gázmolekula érkezik:

$$\Delta N_i \approx \Delta A_i \cdot \Delta t$$

Ennek megfelelően érvényes a következő összefüggés:

$$\frac{\Delta N_1}{\Delta A_1} \approx \frac{\Delta N_2}{\Delta A_2} = \dots = \frac{\Delta N_i}{\Delta A_i} = \frac{N}{A}, \text{ ahol } A = 4R^2\pi,$$

a gömb felszíne.

A ΔA_i -re érkező gázrészecskék ennek a felületnek Δt idő alatt

$$\Delta I_i = \Delta N_i \cdot \Delta I_1 \cdot S \quad \text{impulzust adnak, tehát}$$

$$\Delta I_i = \frac{N}{A} \cdot \Delta A_i \cdot 2\mu \cdot v \cdot \cos\alpha \cdot \frac{v}{2R \cos\alpha} \Delta t = \frac{N}{A} \Delta A_i \frac{\mu v^2}{R} \cdot \Delta t$$

Az átadott impulzus idő- és felületegységre jutó része a ΔA_i -re kifejtett p_i gáznyomás:

$$p_i = \frac{\Delta I_i}{\Delta A_i \Delta t} = \frac{N \mu v^2}{A R}$$

A számított értékek minden felületelemen azonos nagyságú, így az elzárt gáz által a gömb falára kifejtett nyomás

$$p = \frac{N \mu v^2}{A R}$$

Mivel gömb esetén $A = 4 R^2 \pi$, a következő eredményt kapjuk:

$$p = \frac{N \mu v^2}{3V}$$

Ha tekintettel vagyunk arra is, hogy a gázrészecskék között nemcsak bármely irányú, hanem mindenféle nagyságú sebességgel rendelkező is előfordul, akkor a pontosabb megfontolás a

$$p = \frac{N \mu v^2}{3V} \text{ jól ismert formulát adja.}$$

* * *

IRODALOM

- 1.) Bor Pál: Fizika III. Hőtan (Tanárképző főiskolai jegyzet)
- 2.) Légrádi Imre: Az ideális gáz nyomásának levezetése a kinetikai gázelméletben (A Fizika Tanítása 1978. 4/116.)
- 3.) Pál Tamás: Fizika a szakközépiskolák I. osztálya számára (Tankönyvkiadó 1978. 82–83. old.)
- 4.) Párkányi–Soós: Fizika a gimnáziumok szakosított tantervű III. osztálya számára (Tankönyvkiadó Bp. 1972. 294–298. old.)
- 5.) Physik (Lehrbuch für Klasse 11) Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin, 1980. NDK-tankönyv 57–63. old.)

A számítógépek felhasználása a gázok adiabatikus állapotváltozásának tanításában

A KÖMAL idei szeptemberi számában az egyik feladat megoldásához ismerni kellett a gázok állapotának adiabatikus változására vonatkozó összefüggéseket. Ezeket meg is találták a szakköröseim, de mindannyian szerették volna, ha meg is értik a képletekben elrejtett fizikát. Miközben „emésztethető” levezetést kerestem, gondolataim a számítógépnél kötöttek ki. Itt szeretném közreadni elképzelésemet.

Adiabatikusnak nevezzük a gáz állapotának változását, ha a gáz és a környezete között hőátadás nincs. Ilyenkor a belső energia megváltozása egyenlő a gázon végzett munkával:

$$\Delta E = - p \Delta V$$

Helyettesítsük be a nyomást a gáztörvényből!

$$\Delta E = - \frac{N k T \Delta V}{V}$$

A gáz belső energiája a molekulák mozgási energiáinak összege, tehát ha egy molekulának f szabadsági foka van, akkor

$$E = \frac{f}{2} N k T$$

Az előző két egyenletből és abból, hogy a gáz belső energiájának változása a hőmérséklet változásával arányos, következik az alábbi összefüggés:

$$\frac{f}{2} N k \Delta T = - N k T \frac{\Delta V}{V}$$

NkT -vel való osztás után:

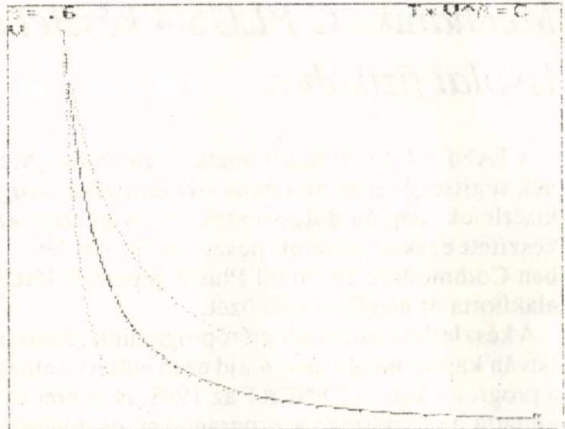
$$\frac{f}{2} \frac{\Delta T}{T} = - \frac{\Delta V}{V}$$

Ezt a differenciálegyenletet természetesen a szakkörön nem tudtuk megoldani, de itt segített a számítógép. Egy bizonyos gázzal lévén szó az f értékét rögzíthetjük. T és V a kiindulási állapot adatai, tehát az egyenlet azt írja le, hogy a térfogatváltozás miként függ a hőmérséklet-változástól (vagy fordítva). Válasszunk egy kis ΔT -t, és számítsuk ki a hozzá tartozó ΔV -t! A változások ismeretében megadható az új hőmérséklet és térfogat. Most viszont ugyanolyan állapotba került a számításunk, mint kezdetben volt, tehát ismételhetjük az egészet, amíg a kívánt állapotig nem jutunk a hőmérséklettel vagy a nyomással. Ezt az ismétlődő számítást a géppel elvégeztetve kiváló V - T -diagramot kaphatunk a képernyőn. Amikor meg akarjuk tippelni, hogy milyen függvény grafikonja ez, először az $x \rightarrow 1/x$ jut eszünkbe. Illesszük egy ilyen függvény grafikonját az eredeti görbe kezdőpontjához! Sajnos nem találunk egyezést, de a T - V helyett próbálkozzunk a T - V^{-1} -vel!

Ez már sikeres lesz, ha β -t jól választjuk meg. Ha a szabadsági fokok számának mind a három lehetséges értékét kipróbáljuk, könnyen felismerhetjük, hogy $\beta = 2/f$.

A program önkényes térfogat- és hőmérsékletegységeket használ. Az első grafikonhoz a leglátványosabb kiindulási adatokat kínálja fel, a továbbiakhoz mindig az előző adatokat írja vissza, ezeken módosíthatunk. Az első ábrán a bejelentkező képernyő, a másodikban a 3, 5 és 6 szabadsági fokú gáz grafikonja látható, a harmadikban egy nemesgáz grafikonjához próbáltam kitévőt találni, a 0,66 bizonyult a legjobbnak.

The graph shows a curve that starts at a high value on the y-axis and decreases rapidly, approaching the x-axis as it moves to the right. The curve is labeled with '1/2' and '1/4' at different points along its length.



```

5 GRAPHICS 16: SET CHARACTER 180,0,24,36,16,48,72,72,48,0,0
10 SET CHARACTER 178,0,48,72,72,144,136,132,152,128,0
15 PRINT "ADIABATA"
20 PRINT
25 PRINT
30 PRINT
35 PRINT"f δT δV": REM δ=ALT+D
40 PRINT"—*— ALAPJAN"
45 PRINT"2 T V"
50 PRINT
55 PRINT"GRAFIKONT KESZI—"
60 PRINT"β": REM β=ALT+B
65 PRINT"TEK, ES T*V = C "
70 PRINT
75 PRINT"SZERINT AZ UTOL—"
80 PRINT
85 PRINT"SOHOZ PROBAT IL—"
90 PRINT
95 PRINT"LESZTEK."
100 GET A$: GRAPHICS 4: V0=900: T0=100: DT=10: F=3
105 PLOT 0,900;0,0;980,0:PRINT AT 2,1:"V": PRINT AT 24,31:"T": GOTO 120
110 PRINT AT 1,1:"Próba, Uj grafikon "
115 GET A$: IF A$="P"OR A$="p" THEN 180
120 PRINT AT 1,1:"V,T,δT,f:":STR$(V0):",":STR$(T0):",":STR$(DT):",":STR$(F)
125 PRINT AT 1,10:":INPUT PROMPT"":V,T,DT,F: V0=V: T0=T
130 IF NOT (F=3 OR F=5 OR F=6) THEN 120
135 IF T<=980 AND V<=900 AND V>=0 AND T>=0 THEN PLOT T,V
140 IF T>980 OR V>900 OR T<0 OR V<0 THEN 110
145 PLOT T,V
150 V=V-F/2*V/T*DT
160 T=T+DT
170 GOTO 140
180 PRINT AT 1,1:" T*V^β=C ";
185 PRINT AT 1,1:": INPUT PROMPT "β=": X
190 T1=T0*V0^X
200 FOR V=V0 TO 10 STEP -10
210 T=T1/V^X
220 IF T>980 THEN 185
230 PLOT T,V
240 NEXT: GOTO 185

```

Mechanika C PLUS/4 készlet az általános iskolai fizikához

A TANÉRT 1988 végén hozta forgalomba „Mechanika C PLUS/4” készletét, melynek segítségével az általános iskolai fizika mozgástani fejezetei számítógépes mérőkísérletek alapján dolgozhatók fel. A készlet az 1986-tól forgalmazott, HT géphez készített eszköz továbbfejlesztéseként jött létre. Mivel az általános iskolákat kezdetben Commodore 16, majd Plus/4 gépekkel látták el, a TANÉRT is erre a géptípusra alakította át meglévő eszközeit.

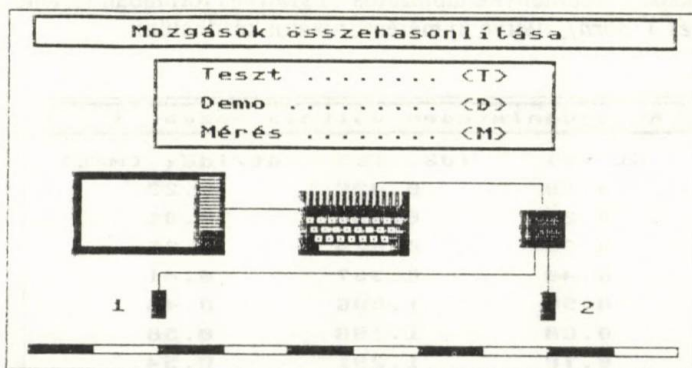
A készlethez mellékelt mérőprogramok „forgatókönyvének” megírására dr. Kövesdi István kapott megbízást, majd ezen előterv felhasználásával e sorok szerzője írta meg a programokat. A TANÉRT az 1988-as debreceni fizikatanári ankéton előzetesen bemutatta az eszközt és a programokat, és a végleges változat elkészítésekor az ott elhangzott javaslatokat is figyelembe vettük. Az eszköz és a programok segítségével a 8. osztályos fizika 1. témakörének 12 mérőkísérlete végezhető el:

1. Mozgások összehasonlítása
2. A sebesség fogalma
3. A sebesség mérése
4. Az egyenletesen változó mozgás I.
5. Az egyenletesen változó mozgás II.
6. A lendület fogalma
7. Rugalmas ütközések
8. A lendületváltozás vizsgálata I.
9. A lendületváltozás vizsgálata II.
10. A szabadesés vizsgálata I.
11. A szabadesés vizsgálata II.
12. A rezgőmozgás vizsgálata

Valamennyi program Commodore Plus/4 (vagy 64 kilobájtos Commodore 16) számítógépen futtatható, BASIC nyelvű, kazettáról és lemezzről egyaránt betölthető. (A TANÉRT kazettán vagy lemezen mellékeli a programot a vevő kérése szerint.) Az időmérést gépi kódú rutin végzi, ennek felbontása kb. 0,00002 s. A programok kezeléséhez a betöltésen (LOAD) és az indításon (RUN) kívül más számítástechnikai ismeretre nincs szükség.

A készlet a kísérletekhez szükséges valamennyi alkatrészt tartalmazza a számítógép kivételével (pálya, kiskocsik, fénykapuk, illesztőegység, kiegészítő elemek). A készlet legfontosabb eleme az illesztőegység, amely a kocsi mozgását érzékelő fénykapuk jelét továbbítja a számítógépekhez. A számítógéphez történő csatlakozás a soros buszon keresztül történik. (A gép SERIAL feliratú kivezetése.) Ha a lemezegységet (floppy) is használni akarjuk, az illesztőt annak a szabad csatlakozójához kell kapcsolni. Az illesztőegység 4,5 V-os zsebtelepről vagy 5 V-os tápegységről üzemeltethető.

A mérések során a kiskocsira erősített zászlók a pálya mentén elhelyezett fénykapuk fényét szakítják meg. A fénykapuk a fénysugár megszakítását elektromos jellé alakítják, és ezek a jelek az illetékes számítógépbe jutnak. A kísérletek egy részénél a számítógéppel azt mérjük meg, hogy a pálya mentén elhelyezett két fénykapu által meghatározott út megtételéhez mennyi idő szükséges. A mérések másik csoportjánál viszont azt határozzuk meg, hogy adott hosszúságú zászló mennyi ideig szakítja meg a fény útját. Könnyen belátható, hogy ilyenkor a kiskocsi által befutott út megegyezik a zászló hosszával. Esetenként olyan zászlót is használunk, amelyen több rés van, így ezek több szakaszra osztják a zászlót. Ekkor az egyes szakaszok fénykapu előtti áthaladásának időtartamait méri a gép, ezáltal a mozgáshoz tartozó út-idő- vagy sebesség-idő-függvény több pontja is kimérhető egyetlen kísérlettel.



1. ábra

A készlethez részletes kezelési útmutató is tartozik, mely tartalmazza a kísérletek leírását, a mérési összeállítások rajzát és a programok kezeléséhez szükséges ismereteket. Ezen túlmenően minden programnál elindítás után egy rövid szöveges ismertetőt kérhetünk a géptől, és a képernyőn mindig megjelenik az adott mérési összeállítási rajza is (1. ábra). Ezt követően egy menü alapján a következő lehetőségek közül választhatunk:

TESZT: A fénykapuk állapotának (szabad-takart) vizsgálata, mely elsősorban a fénykapuk pontos helyzetének beállításához használható. Hangjelzést is ad, így beállítás közben nem kell a képernyőt figyelni.

DEMO: A mérési elvnek szemléltetése a képernyőn megjelenő mozgó rajz segítségével.

MÉRÉS: A tényleges mérőrendszer megkezdése.

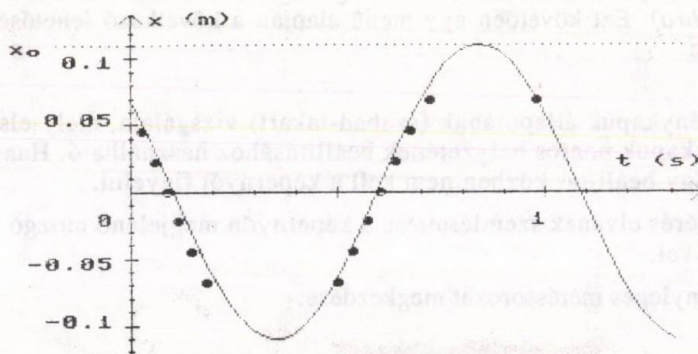
A TESZT és a DEMO részek után a program mindig ehhez a menühöz tér vissza, így pl. a DEMO szükség esetén többször is megismételhető.

A mérések elvégzéséhez szükség van néhány paraméter megadására. Ezek részben a méréssorozat vezérléséhez, részben a kapott eredmények további feldolgozásához kellenek. (Pl. rések száma, zászló hossza, kocsi tömege stb.) Ezek a paraméterek a billentyűzet segítségével írhatók be, a képernyőn megjelenő kérdések, illetve információk figyelembevételével. Ezt követően elvégezhetők a mérések. A programok a mérések során különféle információkkal folyamatosan segítik a munkát, és figyelmeztetnek az egyes teendőkre. (Pl. a mérés sorszáma, a mért időérték, a kocsi indítása, hibás kapu stb.) A mért adatok közül képesek a hibás mérésből származók egy részének kiszűrésére is, de a program kezelője is beavatkozhat ilyen esetekben.

A mérések végeztével a kiértékelő rész következik. A számítógépes mérés egyik legfontosabb előnye a gyorsaságon és pontosságon túl éppen az, hogy azonnali, sokoldalú feldolgozást tesz lehetővé. Ezáltal a tanórán a tényleges fizikai tartalom elemzésére több idő jut, de lényeges az is, hogy a törvények megfogalmazása lényegesen több mérési eredmény alapján történhet. A kiértékelő részben egy menü alapján választhatunk a kapott eredmények táblázatos és grafikus formában történő megjelenítése közül (2. és 3. ábra), illetve új méréssorozatot kezdhetünk.

Az egyenletesen változó mozgás 1.		
út (m)	idő ₁ (s)	út/idő ₁ (m/s)
0.10	0.428	0.23
0.20	0.652	0.31
0.30	0.824	0.36
0.40	0.967	0.41
0.50	1.086	0.46
0.60	1.196	0.50
0.70	1.291	0.54

Tovább ... <T>



Tovább ... <T>

A grafikus megjelenítése esetén a program nem csak a mérési pontokat ábrázolja, hanem ezekhez megfelelő függvénygörbéket is illeszt (a legkisebb négyzetek módszerével). Ez lényegesen megkönnyíti az adott függvénykapcsolat felismerését. A táblázatok, illetve grafikonok vizsgálatát követően ismét a kiértékelő rész menüjéhez jutunk, így egy adott méréssorozat többször és többféle módon is elemezhető.

Bár az eszköz és a mérőprogramok az általános iskolai fizikatanítás igényeit figyelembe véve készültek, a programok többsége és az eszközök minden módosítás nélkül használhatók a középfokú iskolákban is. A programok egyéni igények szerint történő átírását nagymértékben segíti, hogy minden program listázható, a gép kódú időmérő rutin assembler listája pedig a kezelési útmutatóban megtalálható.

(A TANÉRT képviselőjének a Debrecenben, a fizikatanári ankéton elhangzott információja szerint a készletet és a programokat rövidesen Videoton TV Computerre is átdolgozzák.)

KOVACSICS CSABA

tanár

Budapest, Jedlik Ányos Gimnázium

A Föld esése a Napba: egy fizikai feladat

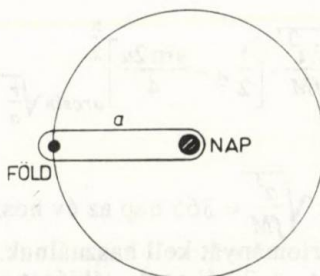
Ha az $M = 2 \cdot 10^{30}$ kg tömegű, a Naptól $a = 150$ millió km távolságban levő Földnek nem volna érintőleges sebessége, akkor $fM/a^2 = 0,0059 \text{ m/s}^2$ gyorsulással indulva a Napba esne (f a gravitációs állandó). Állandó gyorsulású mozgással $7,13 \cdot 10^6 \text{ s} = 82,5$ nap múlva, 42 km/s végsebességgel érkezne a Napba. Ez a számítás nyilvánvalóan pontatlan, hiszen a gyorsulás folyamatosan növekszik.

A Napba esés teljes idejét pontosan ki lehet számítani Kepler III. törvényével. Az esés egyenes vonalú pályáját olyan ellipszisnek kell tekinteni, amelynek egyik fókusza az egyenes egyik végén van, a Napban (1. ábra). T -vel jelölve az esés idejét Kepler III. törvénye szerint, T_0 -al jelölve a Föld keringési idejét a körpályán:

$$\left[\frac{2T}{T_0} \right]^2 = \left[\frac{a/2}{a} \right]^3.$$

Az esés ideje:

$$T = \frac{T_0}{4\sqrt{2}} = 64,57 \text{ nap}.$$



1. ábra

Ez az eredmény a pályasugártól függetlenül érvényes. A közelítéssel kapott eredmény nem tér el túlságosan a helyestől.

Ez a számítás egyszerű módon adja meg az esés teljes idejét, de érdemes az esés időbeli lefolyását is vizsgálni. Ez a feladat megfelelő fogásokat alkalmazva integrálszámítással megoldható.

Jelölje a a Föld pályájának fél nagytengelyét (a körpálya sugarát) és r a Föld pillanatnyi távolságát a Naptól. A távolságot nehezen tudnánk az idő függvényeként kiszámítani, mert nem ismeretes a sebesség mint az idő függvénye. Azonban az energiatételből ismeretes a sebesség mint a távolság függvénye:

$$v = \sqrt{2fM} \sqrt{\frac{1}{r} - \frac{1}{a}}.$$

Feladatunk az időnek a kiszámítása:

$$t = \int_r^a \frac{dr}{v} = \frac{1}{\sqrt{2fM}} \int_r^a \frac{dr}{\sqrt{1/r - 1/a}} = \frac{1}{\sqrt{2fM}} \int_r^a \frac{\sqrt{r} dr}{\sqrt{1 - r/a}} = \sqrt{\frac{a}{2fM}} \cdot \int_r^a \frac{\sqrt{r/a}}{\sqrt{1 - r/a}} dr.$$

Itt r/a a Naptól mért távolság csillagászati egységben. Alkalmazzuk ezt a helyettesítést:

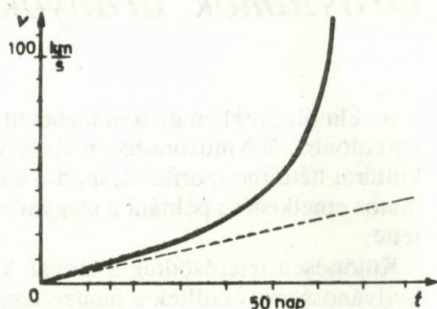
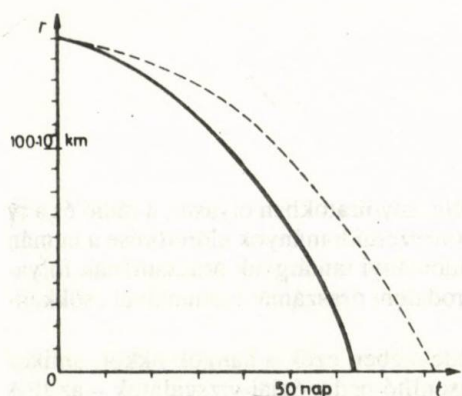
$$\sqrt{\frac{r}{a}} = \sin u, \quad r/a = \sin^2 u, \quad r = a \sin^2 u, \quad \text{ekkor}$$

$$\frac{dr}{du} = 2a \cdot \sin u \cdot \cos u.$$

Tehát:

$$\begin{aligned} t &= \sqrt{\frac{a}{2fM}} \int_{\arcsin \sqrt{\frac{r}{a}}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{2a \cdot \sin^2 u \cos u}{\sqrt{1 - \sin^2 u}} du = \sqrt{\frac{2a^3}{fM}} \int_{\arcsin \sqrt{\frac{r}{a}}}^{\frac{\pi}{2}} \left[\frac{1}{2} - \frac{\cos 2u}{2} \right] du = \\ &= \sqrt{\frac{2a^3}{fM}} \cdot \left[\frac{1}{2} u - \frac{\sin 2u}{4} \right]_{\arcsin \sqrt{\frac{r}{a}}}^{\frac{\pi}{2}} = \sqrt{\frac{2a^3}{fM}} \left[\frac{\pi}{4} - \frac{1}{2} \arcsin \sqrt{\frac{r}{a}} + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{r}{a}} \sqrt{1 - \frac{r}{a}} \right]. \end{aligned}$$

$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{fM}} = 365$ nap az év hosszát jelenti. Az arcsin függvény 0 és $\pi/2$ közötti értéktartományát kell használnunk. Képletünk az időt adja meg a távolság függvényeként. A 2. ábra és táblázatunk mutatja a távolság és sebesség időtől való függését. A pontozott vonalak mutatják a távolság és sebesség időfüggését, ha a mozgás a kezdeti állandó gyorsulással ment volna végbe.



2. ábra

t idő (nap)	r távolság (10^6 km)	v sebesség (km/s)
0	150	0
11.29	142	10.02
17.15	135	14.06
26.45	120	21.09
34.19	105	27.61
40.93	90	34.44
46.88	75	42.18
52.09	60	51.65
56.57	45	64.42
60.29	30	84.35
63.12	15	126.52
64.11	7.5	183.83
64.57	0	∞

Óraszámok, arányok

Az elmúlt években gyakran lehetett a különféle folyóiratokban olvasni, a rádió és a tv legkülönbözőbb műsoraiban hallani, hogy a természettudományok előretörése a humán kultúrát háttérbe szorította, mert a természettudományi tantárgyak óraszámának folyamatos emelkedése például a magyar nyelv és irodalom óraszámát harmadával csökkentette.

Különösen felerősödtek a humán kultúra védelmében ezek a hangok akkor, amikor nyilvánosságra kerültek a nemzetközi összehasonlító pedagógiai vizsgálatok – az IEA SISS – 1984-ben felvett és azóta feldolgozott adatai. A napi és pedagógiai sajtóban egyaránt közzétett adatok szerint a 10 évesek olvasásmegértése a kíváncsiságnál sokkal gyengébb, természettudományi ismeretekkel viszont a résztvevők között jó helyezést ért el. A 14 évesek olvasásmegértése az országok közötti rangsorban előrébb került, és természettudományi ismereteikkel mindenkit megelőzték. A 18 évesek teljesítménye mindkét feladatlapon az első harmadban van.

Ezekből az eredményekből oktatásügyünk felelős képviselői, vezetői közül többen is azt a következtetést vonták le, sőt fejlesztési koncepciójukban is deklarálták, hogy a nyelvi- kommunikációs műveltség erősítése érdekében a magyarórák számát a természettudományi ismeretek megszerzésére fordítható időkeret rovására növelni kell.

A fizika tanításával foglalkozó kollégák idősebb generációja végigélte a fizikai műveltség kialakítására fordítható idő alakulását az elmúlt negyven évben. A fiatalabbaknak tanulságos lehet, ha az eredeti – nem a tanügyi intézkedésekkel sokszorosan módosított – tantervek óraterveiből felelevenítjük a fizika óraszámait. 1950-től az általános iskolában (7. és 8. osztályban összesen) heti 5, a gimnáziumok reál tagozatán (2., 3. és 4. osztályban összesen) heti 12 óra, együttvéve 17 fizikaóra volt. Az 1963–65-ös tantervek tanúsága szerint – bár a fizika megjelent a 6. osztályban is – a két iskolatípusban a heti fizikaórák összege 16-ra csökkent. Az 1978–79-es tantervek összességében megőrizték ezt az óraszámot, csak az osztályok közötti elosztás változott meg kedvezőtlen irányba. Az 5 napos munkahétre való áttérés viszont mind az általános iskolában, mind a gimnáziumban csökkentette a fizikai művelődési anyagra fordítható időkeretet. *A fizikaórák száma tehát az utóbbi negyven évben – ha nem is nagy mértékben – csökkent.*

A humán műveltségért aggódók azonban nem a fizika, hanem a természettudományi tárgyak óraszámának nem kívánatos növekedéséről beszélnek. Vizsgáljuk meg tehát a biológia, a fizika és a kémia tanítására fordítható időt a már említett időpontokban. A földrajzot szándékosan kihagyjuk a természettudományi tantárgyak közül, mert igen nehéz megítélni, hogy ennek a tantárgynak a rendelkezésére álló időkeretből mennyit használnak természetföldrajzi ismeretek feldolgozására és mennyit társadalmi ismeretekre. (Egyébként a földrajz óraszámja is csökkent.) 1950-ben a három tárgy óraszámja az általános iskolában és a gimnázium reál tagozatában 48 volt, ami az összóraszám 19,9 %-a. 1965-ben ugyanezek az adatok 41, illetve 16,1 %, 1979-ben pedig a természettudományi tantárgyak heti 39 órája az összóraszám 15,2 %-át adja. *Nem igaz tehát*

az sem, hogy a természettudományi tantárgyak tanítására fordított idő az elmúlt időszakban nőtt.

Ezek után érdemes azt is kikeresni az említett tantervek óraterveiből, hogy mennyi idő jutott a magyar nyelv és irodalom tananyagának feldolgozására 10 és 18 éves kor között. Az óraszámok rendre a következők: 48, 37, 36. Részesezésük az óratervből 19,9 %, 14,5 %, 14,1 %. *Az igaz viszont, hogy a magyarórák abszolút száma és relatív részesezése is csökkent az elmúlt négy évtizedben.*

Bár a felsorolt adatokból is látszik, hogy a két kultúra közötti egyensúly állítólagos megbomlásának okait nem az óraszámok emelkedésében vagy csökkenésében kell keresni, nézzük meg azt is, hogy a természettudományi tárgyak, valamint a magyar nyelv és irodalom óraszámának aránya változott-e, és ha igen melyik irányba, mennyire. 1950-ben a természettudományi tárgyak és a magyarórák száma azonos volt, arányuk 1. 1965-ben kissé több volt a biológia, a fizika és a kémia összesített óraszám mint a magyaré, arányuk 1,1. 1979-ben az arány 1,08-ra csökkent. *Az adatok említésre méltó arányeltolódást nem bizonyítanak, tehát egyáltalán nem a természettudományi tárgyak óraszámának növekedése következtében csökkent a magyarórák száma!* Időközben ugyanis új tantárgyak, a gyakorlati foglalkozás illetve a technika, a második idegen nyelv, majd ezek mellett a fakultatív órák is időt kaptak a végtelenségig nem bővíthető órakeretből.

Tágíthatnánk vizsgálódási körünket az alsó tagozatos óraszámok alakulásának áttekintésével is. Az óratervek azonban pontos összehasonlításra nem adnak módot. Az 1950-es tantervben a magyarórák között szereplő beszélgetés 1963-tól önálló környezetismeret tárgyként szerepel, és szinte lehetetlen megállapítani, hogy ezek az órák milyen arányban dolgoznak fel humán és reál ismeretek körébe tartozó tananyagot. Ha feltételezzük, hogy a beszélgetés, illetve a környezetismeret óráknak körülbelül fele fordítódott természettudományi művelődési anyag feldolgozására, akkor 1978-ban a magyarórák száma az alsó tagozatban ugyanannyi volt, mint 1950-ben, míg a természettudományi ismeretekre szánt időkeret heti egy órával csökkent. Oktatásunk egyik vagy másik szférájának kisebb hatásfokát, esetleges eredménytelenségét eszerint másban kell keresni.

Természettudományos oktatásunk nemzetközileg is elismert eredményének csak szükséges, de nem elégséges összetevője a megfelelő mennyiségű tanítási óra. (Mint láthatuk a 10–18 évesek természettudományi óráinak és magyaróráinak száma között nincs lényeges különbség, és arányukban sem történt érdemleges változás.) A hatékonyságot a megfelelőképpen kiválasztott és módszertanilag jól feldolgozott művelődési anyag befolyásolja igazán. A tanulók számára érdektelen tananyag, a tananyagnak és a tanulóknak nem adekvát módszerek alkalmazása magas óraszámok mellett is viszonylag csekély eredményt nyújt. Természettudományos oktatásunk az elmúlt évtizedekben bebizonyította, hogy a már szinte minimumig csökkenő óraszámok mellett is lehet egyre hatékonyabban oktatni, ha a robbanásszerűen gyarapodó ismereteket a szükséges selekció után kartársaink megfelelő módszerekkel illesztik tanítványaik világképébe.

Gyerekeinkért

Az oktatási rendszer meg-megújuló változásai közepette a gyerekek kerültek veszélybe. A különböző tantárgyak közötti hatalmi harcoknak, de még inkább az egyes szaktudományokon belüli rivalizálásoknak a gyerekek szenvedik kárát. A tragikus az egészben az, hogy mindenkit jó szándék vezérelt. Mindenki úgy hitte, a gyerekek érdekében cselekszik, mindenki a gyerekek, ill. a gyerekek tudása növelésének érdekében erőszakolta ki az általa üdvöztetőnek vélt változtatást.

Nyilvánvalóan, a színvonal emelése és az oktatás módszereinek változása eredményezte a magyar iskolás gyerekek kiváló szereplését az 1983-ban végzett nemzetközi felmérésben. Persze a jó eredmények eléréséhez nemcsak a korszerűnek bizonyult célkitűzésre volt szükség, ebben feltétlenül *meghatározó szerepe van az áldozatos, lelkiismeretes szaktanári munkának is.*

Egy picit beárnyékolja azonban ezeket a nagyszerű tanári és tanuló teljesítményeket az a köztudott tény, hogy már a tizenéveseknek sincs idejük focizni, barátokkal csatangolni, fára mászni, kirándulni, jókedvűen énekelni, olvasni, élményeiket másokkal megosztani, megemésztetni. Nincs idejük élni. Ezért aztán nyeszlettek, idegesek(!), magas a vérnyomásuk(!) és egyéb vegetatív panaszai vannak a serdülőknak.

A nemzetközileg versenyképesnek bizonyult célkitűzéseknek és azok mindenáron való megvalósításának azonban lett még egy nem várt, szomorú velejárója is. Miközben az iskola mindenáron igyekszik megfelelni a vele szemben támasztott – túlméretezett – intellektuális elvárásoknak, tevékenységének csak egy része eredményez kiváló minőséget, „termelésének” elég nagy hányada selejt.

Egy közelmúltban végzett Népi Ellenőrzési Bizottsági vizsgálat során kiderült, az általános iskolát végzetteknek nagy hányada, – majdnem harmada – félanalfabéta, alig érti, amit olvas, elemi számolási készségeik sincs birtokában. A középiskolát végzettek műveletlenségéről pedig nem győz panaszkodni a felsőoktatás. (Szinte mindenki elégedetlen a másik szakértelmével, hivatástudatával. A szülők elégedetlenek a pedagógussal, a vásárlók a kereskedelemmel, a betegek az orvossal és a kórházi dolgozókkal, az utasok a közlekedésre panaszkodnak.)

Úgy látszik, miközben egyre több dolgot tanít az iskola, annál kevesebb ideje marad magára a gyerekre, a gyerek személyiségének alakítására, a gyerekekkel való beszélgetésre.

Különösen érdekes ez a folyamat most, amikor nem győzzük elégszer hangsúlyozni, hogy a tanítvány nem edény, amit meg kell tölteni, hanem fáklya, amit meg kell gyújtani... S közben azt is halljuk, hogy – 40 év után először – végre a pedagógusok is hangot adtak munkakörülményeik tarthatatlanságának, elégedetlenségüknek, sőt a kormány is elismerte mindennek a jogosságát. Tény, hogy sokat, nagyon sokat dolgozik a tanár is, gyerek is. Tény, hogy nemcsak jóízű beszélgetésekre nincs idő az iskolában, de a szakörök szervezésének is egyik fő akadálya az, hogy nincs olyan délutáni időpont, amikor minden érintett egyszerre ráérne.

Mi történik hát az osztályterekben? És főleg, miért? Ízelítőül néhány példa, amelyekkel mostanában találkoztam a különböző iskolákban:

– 6. osztályban a 4. órán: „A hőmérséklet a testek és mezők (!) részecskéinek mozgása.” „A hőmérséklet állapotjelző.” Válaszolni kellett volna a gyerekeknek még arra a kérdésre is, hogy mi a mező, ill. mikor beszélünk kölcsönhatásról. Persze, nem voltak elég „szorgalmasak”, és nem tudták a válaszokat a feltett kérdésekre.

– Ugyancsak 6. osztályban októberben: – „Az m tömegű test súlya: $G = m \cdot 10 \text{ N/kg}$.”

– 7. osztályban a hidrosztatikai paradoxont próbálta értelmeztetni a tanár a gyerekekkel – nem túl nagy sikerrel.

– 8. osztályban a mozgási energia képletét is tudni kell a tanulóknak.

Hogy miért szúr ez szemet, miközben a nemzetközi felmérés azt mutatja, hogy a magyar fizikatanárok tanítványai a legjobbabak a saját korcsoportjukban? Ha, mint a felmérés igazolja, a gyerekek végül is elsajátítják ezeket az ismereteket?

Nem tudhatom, ki hogy van vele, de engem önmagában nem hat meg az, ha egy alsó tagozatos gyerek azt is tudja, amit régebben a felső tagozatban tanítottunk, ha a felső tagozatos olyan módszerekkel old meg fizika példákat, amelyekkel régebben a II., III. gimnazisták dolgoztak, vagy ha egy III. gimnazista differenciálegyenletet old meg, amit majd II., III. éves egyetemistaként is fog tanulni.

Sőt, zavar, ha a gyerekek életkoruknak nem megfelelő dolgokkal foglalkoznak, mert ez az esetek túlnyomó többségében nem a gyerekek tehetségének, zsenialitásának a jele. Az persze remek dolog, ha a gyerek csillapíthatatlan tudásszomjának következtében maga csikarja ki a környezetéből, szerzi meg könyvekből, szakköri vagy fakultációs foglalkozásokon a plusz tudást.

Általában azonban nem a maga szórakoztatására, kíváncsisága kielégítésére szerzett tudásról van szó, hanem a tanár által rá kényszerített tanulnivalóról.

Amit, mert életkorának nem megfelelő, nem tud élvezni. Ami nem ingyen csemege, hanem nyögve nyelős ennivaló a számára. Így hát, csak kínlódva próbálja memorizálni az ilyen ismereteket. Emiatt aztán ahelyett, hogy csodálná a természet és tudomány szépségét, fejlődne logikája, egy életre megutálja az iskolát, sőt a tanulást is.

Sok a tananyag, alig lehet a végére jutni – panaszolják a tanárok. Talán azért érzik így, mert ennyi nem kötelező anyagot is meg akarnak tanítani? Talán azért olyan fáradtak, mert ennyi, a tanulók életkori sajátosságainak meg nem felelő dolgot is el akarnak velük sajátítani?

Talán azért nem tud elemi számítási feladatokat sem megoldani sok általános iskolás gyerek, mert ahelyett, hogy azt gyakorolná, ilyen – számára – „magasröptű” dologgal való bírkózás veszi el az energiáját?

Eléggé valószínű, hogy *igen*-nel kell válaszolni az előző kérdésekre. De miért? Megbolondultak a tanárok? Elment a józan eszük? Vagy csak tömegesen elfelejtették, amit tanárjelöltként az életkori sajátosságokkal kapcsolatban tanultak? Ezekre a kérdésekre viszont eléggé biztosan *nem*-mel kell válaszolni. Hát akkor mi történt? Nagyon egyszerű a válasz. Az imént említett és ezekhez hasonló más ismeretek hiányában nem veszik fel tanítványaikat a gimnáziumokba. Így aztán az iskolavezetés, az igazgató nemcsak, hogy nem marasztalja el a tanárt a tananyag ilyen jelentős túllépéséért, nemcsak, hogy nem vonja felelősségre a korrekció be nem tartásáért, hanem még meg is dícséri a követelmények emeléséért. Hogyne, hiszen neki, az iskolának is érdeke, hogy minél több tanulója tudja jó nevű gimnáziumokban, mivel ezzel mérődik az iskola sikeressége, híréje.

A gyerekek pedig küzdenek, hogy teljesítsék a szülői vágyakat. És miközben már általános iskolás korukban egyesek azt tanulják, hogy a velük szemben támasztott követelmények teljesítése csak igen nagy munka árán volna teljesíthető, anélkül, hogy

megfizelnék a jól végzett munka örömét, rászoknak arra, hogy csak túléljék az iskolát. Csak bizonyítványt akarnak szerezni. Mások a görcsös erőlködést társítják a tanulás fogalmához, megint mások gyakorlatilag munka nélkül érik el ugyanazokat az eredményeket. A szülők pedig szídják az iskolát, a tanárt, az egész közoktatási rendszert. A közoktatás belátva a kifogások jogosságát, meghirdeti a folyamatos korrekciót. Tankönyvszerzőkkel tárgyal, egyeztet, mit lehetne úgy elhagyni a tananyagból, hogy a maradék még értelmes egész maradjon.

És megszületik a kompromisszum. Sokszorosítják, postázzák, eljuttatják a tanárhoz.

Aki szépen beteszi a fiókjába. Hiszen munkáját a vele szemben ténylegesen támasztott követelmések teljesítése határozza meg, és nem a különféle utasítások. Vagyis ugyanazoknak a szülőknek a felfokozott elvárásai miatt nem csökkenti a tempót, nem enyhíti a követelményeket, akiknek méltatlankodása elindította a korrekciós folyamatot. Hát mindenki megbolondult?

Nem valószínű.

A legtöbb középiskolában valóban kialakult egy régebben nem létező gyakorlat, az oda jelentkezők szabályos felvételiztetése.

Vajjon miért végzik ezt a plusz munkát a középiskolai tanárok?

Miért nőtt meg mostanában a nyolcadikosok tudásával szembeni igényük?

Természetesen ők is csak a kényszernek engednek.

Régebben a gimnázium maga alapozta meg azokat az ismereteket, amelyeket később felhasznált. Ezért nem volt túl fontos, mit, hogyan tanult meg a gyerek az általános iskolában. Inkább a készség, a szemlélet, a logikus gondolkodás, néhány alapképlet, jelölés, de leginkább a tárgy szeretete volt fontos. Ez elég volt, mert a többit hozzáadta a gimnázium. Nem kapott osztályzatot a tanuló olyanra, amit nem a gimnáziumban tanult. Ez azonban ma nincs így.

Ma egy csomó képlet (pl. az említett mozgási energia is), fogalom készség szintű alkalmazását véli szükségesnek, már az indulásnál sok gimnáziumi tanár.

Miért? Mert úgy érzi, az I. osztályos tananyag megtanításához szüksége van ezekre a fogalmakra. És neki azt mondják, ezeket a fogalmakat a gyerekek „hozzák” is magukkal, építhet rájuk, tehát megtanítható a tananyag.

De azért, a biztonság kedvéért – no meg régebbi negatív tapasztalatai miatt is – biztos akar lenni a dolgában, és megkérdi az iskolába jelentkező nyolcadikosokat, valóban tudják-e mindazt, amire neki majd támaszkodni kell az I. osztályban.

És ez ellen nem sok kifogást lehet emelni.

Lám, valóban senki nem akar semmi rosszat. A tanárok indokai világosak itt is, ott is. Csak éppen a gyerekek vész el a gyerekkora.

Ebből a patthelyzetből csak az okok megszüntetésével lehet kijutni. *Korrigálni kellene az I. osztályos gimnáziumi tankönyveket.* Ennek kétféle módját is el tudom képzelni.

1. A korábban megjelent könyv szerzői többször állították, nem kell az a sok elmélet, amit a tanárok szükségesnek vélvén, megtanítanak a gyerekeknek. Az mind kiegészítő anyag. A tankönyv tartalmát kísérletekre-alapozva, jelenség-centrikusan képzeltek el.

Nos, ebben az esetben a könyv átszerkesztése segíthetné ennek az elvnek a gyakorlatba való átültetését.

A most nehézséget okozó, kiegészítő anyagként kezelendő, kvantitatív részek kerüljenek a tankönyv végére, emeljék ki azokat a kötelezően megtanulandó fejezetek sorából. Így be lehetne mutatni, hogyan lehet végighaladni a tananyagon úgy, hogy érvényre jusson annak alapvető koncepciója az elméletibb, kvantitatívabb részek nélkül is.

Úgy tűnik, ezt sok tanár egyedül nem tudja, esetleg nem meri megtenni. Nem érzi biztosan, hogy a modellekben való gondolkodás hatékonysága, eredményessége a matematikai kiegészítések nélkül is bemutatható.

Egy ilyen átszerkesztés után a tanárok nem érezhetnék azt, hogy bizonyos, nehéznek minősített fejezetek hiába számítanak elvileg kiegészítő anyagnak, elhagyásukkal a tananyag egész koncepciója szenvedne csorbát. És ezek után valóban csak olyan osztályokban térnének ki ezekre, amelyekbe sok olyan gyerek került, akiket ezek a részek nem terhelnek.

2. Ha viszont már az I. osztályban szükségesnek látszik bizonyos anyagrészek olyan részletességgel való tanítása, mint azt régen a tagozatos III. gimnáziumi osztályokban tettük, akkor kerüljön az I. osztályos könyv elejére egy olyan bevezető, amelyből mindaz megtanulható, amire a tanév folyamán szükség lesz. Úgy látszik, nem minden tanár tud ezzel a feladattal megbírkózni, ill. nem érzi feljogosítva magát a tananyagnak ilyen jellegű kibővítésére, hiszen erre – elvileg – nincs is szükség.

Egy ilyen könyv-eleji összefoglalással egyrészt be lehetne mutatni a szükséges fogalmak, képletek körét, másrészt volna miből megtanulni mindazt azoknak a gyerekeknek, akik olyan általános iskolai osztályba jártak, amelyben a tanár nem tudta kiegészíteni a törzsanyagot, ill. nem az I. gimnáziumi osztályban szükséges dolgokkal egészítette ki a kötelező anyagrészeket. Ennek következtében bizonyára csökkenne azoknak az általános iskolai fizikatanároknak a száma, akik kényszerítve érzik magukat, hogy figyelmen kívül hagyják a tantervnek törzs- és kiegészítő anyagra vonatkozó előírásait, és a megfelelő mennyiségű gyakorlás, kísérletezés, ismétlés helyett, további elméleti anyagrészekkel terhelik a tanulókat.

Mindez azonban nem oldható meg az egyes tanárok hatáskörén belül. Ehhez szükség van az átdolgozást vállaló tankönyvszerzőkön kívül az MM és az OPI a korrekció folyamatát figyelemmel kísérő, szervező segítségére, a Tankönyvkiadóra, amely bábáskodik az átdolgozott tankönyvek megjelentetésénél. No és persze pénz is kell hozzá. Ma talán ennek előteremtése a legnehezebb feladat. Mégis, *a gyerekek és a saját jövőnk érdekében, meg kellene találni a megoldást.*

Ha ugyanis ez nem sikerül, tovább nő a gyermeki gondtalanságot nem ismerő, ideges, kiegyensúlyozatlan felnőttek száma. És tovább tart a tananyaggal már most is agyonzsúfolt általános iskolába a gimnáziumi tananyag „leszivárgása”. Ezzel pedig tovább nő a tudománnyal „túletetett”, azzal eltelt, tehát attól elforduló korosztályok száma. Az ország jövője szempontjából pedig ennek éppen az ellenkezője volna kívánatos.

VARGA KLÁRA

főiskolai tanársegéd

BGYTKF Nyíregyháza

Tehetséggondozás az általános iskolában

A tehetség fogalma

Intenzíven fejlődő iparunk, mezőgazdaságunk megköveteli a kiemelkedő képességű szakembereket. Az ő képzésük tette szükségessé a tehetséges tanulókkal való foglalkozás megszervezését.

A tehetséggondozás napjainkban mind külföldön, mind hazánkban központi feladatunk. Hogy mit értünk tehetségen – ez még szerte a világon nem egységesen definiált fogalom. Renzulli így fogalmaz: „Tehetség ugyanaz, mint az átlagon felüli értelmi ké-

pesség, a kreativitás és a szorgalom együttes megnyilvánulása.” Bárdi László szerint: „A tehetséget valóban eltérően definiálják az egyes szaktudományok. Léte azonban tény, melyet nem lehet figyelmen kívül hagyni a közoktatásban, s addig várni, amíg a tudományos viták majd megnyugtatóbb, egységes álláspontra jutnak.”

A témát vizsgálva sokan megfélekednek az öröklött tulajdonságokról, a környezet hatásairól. Sohasem komplex tehetséggel állunk szemben, hanem specifikussal. Nemcsak az intellektuális tehetséget kell segítenünk. Az egyéni képességek széles körűek, de ezekből mindig kitűnik a domináns jegy, ami meghatározza a tehetséggondozás irányát.

Röviden nézzük meg, *egy-egy külföldi országokban* hogyan foglalkoznak a tehetséges tanulók képzésével, nevelésével, segítségével.

Szovjetunió: tagozatos iskolákat hoznak létre – ez lehet bentlakásos is. 5 nap van tanítás, 6. nap sport, kirándulás. A természettudományos tárgyak tanítása során előadásokat hallgatnak a tanulók, utána gyakorlaton vesznek részt.

NDK: a tehetséggondozás már az óvodában kezdődik. Ebben az országban azt tartják, hogy feltalálókat és újítókat az iskolában lehet képezni. Ezért a mérnökök szövetsége 3 ilyen iskolát szervezett a feltalálói munka módszertani ismereteinek oktatására, a tapasztalatok átadására. Feltalálói és újítói tanfolyamokat is indítanak, itt a képzelet fejlesztésére, irányítására, a módszeres problémamegoldó gondolkodás fejlesztésére törekednek.

Anglia: Az elemi iskolában névtagozatos osztályokban tanulnak a gyerekek. 11 éves korban vizsgát tesznek, s csak így kerülhetnek középiskolába. A vizsga tárgya: intelligencia, matematika, angol nyelv, irodalom. A tehetséges tanulóknak speciális tanulmányi versenyeket rendeznek, ezek megnyerése automatikus továbbtanulást biztosít az egyetemen.

Ausztria: Kísérletek folynak a névcsoporthoz való létrehozására matematikából, helyesírásból, olvasásból, idegen nyelvből – már a 4. osztályban. Fakultatív foglalkozások keretében a gyerekek zenei és fizikai képességeinek fejlesztését segítik elő. A teljesítmény szerinti differenciálás az iskolarendszer magasabb szintjén még erőteljesebb.

NSZK: Itt is létrehoztak névcsoporthoz, teljesítményszinthez kötött rendszerben oktatják a német nyelvet, a fizikát, a kémiát. A tanulók képességeinek, tehetségének további fejlesztését szolgálja a fakultatív tantárgyak kínálata.

Anyagi eszközökkel is támogatják a tehetséges tanulókat.

USA: Ebben az országban a Tehetségesek és Átlagon Felüli Képességekkel Rendelkezők Hivatalát hozták létre. Ez a tanárok speciális képzésével és anyagi eszközökkel járul hozzá a tehetségek felkutatásához, oktatásához. A tehetséggondozást az óvodától a középiskola végéig végzik.

A fejlett országok külön intézményeket tartanak fenn a tehetséges tanulók számára.

Pl. USA: National Merit Scholarshim Program, Advanced Placement Program

Franciaország: École Normale Supérieure, École Nationale d'Administration

Szovjetunió, NDK: tudományos olimpiák, speciális főiskolák

A tehetséggondozás mechanizmusa

A tehetséges tanulók felkutatásával, ill. a tehetséggondozás problémájával hazánkban is sokan foglalkoznak. A vizsgálatok eredménye alapján léteznek általános tehetségek, akikre a képességek sokirányúsága jellemző, speciális tehetségek; akikre kizárólag egyirányú képességek jellemzők. Az említett két típusnál szembetűnő a kimagasló teljesítmény. Viszont vannak olyan tanulók is, akik vagy nem akarnak társaik közül kitűnni, vagy nem akarják a pluszfeladatokat vállalni, vagy unatkoznak – a kitűzött feladatok nem kötik le őket –, ezt a típust nevezzük rejtett tehetségnek, s az ő felismerésük a legnehezebb feladat.

Ha sikerült felfedeznünk a tehetséges tanulókat, akkor a tehetségnevelés első szakaszát olyan közegben kell megszervezni, ahol sok mindenben kipróbálhatják magukat a gyerekek, és amelyben mindig egyfajta barátságos ösztönzés segíti őket. A második szakaszban át kell venni a tehetségeket egy olyan „mesternek”, aki minden idejét szívesen tölti a tehetségneveléssel. Ez az említett „mester”, nem feltétlen pedagógus kell hogy legyen. Jó volna, ha a társadalom is tovább lépne. Ugyanis még sok esetben nem tud mit kezdeni az iskolából kilépő tehetségekkel. Ezek az emberek előbb vagy utóbb elszűrülnek a munkahelyeken.

A tehetséggondozásban természetesen nagy szerepet kap a tanuló és a tehetséggondozást végző személy. Hazánkban általában ez a szerep elsősorban a pedagógusra vár. Mit várunk a gyerektől? A problémák, elméletek megragadását, a szokatlan, nem szembetűnő kapcsolatok észrevételét, a fogalmak és elvek területén a könnyű átugrásokat, a következmények és végeredmények megsejtését, az információk gyors feldolgozását és a tanulásban való önállóságot. Az is szükséges, hogy a tanulóknak legyen sikerélményük, el tudják viselni a kudarcokat. Olyan légkörre van szükségük, mely ösztönzi a problémamegoldást, ösztönzi őket a problémák felvetésére.

S milyen legyen a tehetségekkel foglalkozó pedagógus? Egyénekre szabott, a tanulók saját érdeklődési körének elmélyítését szolgáló tananyagot, változatos, érdekes témát biztosítson, dolgozzon ki. Nyílt problémákat oldjanak meg kreatívan. „A tehetségnevelésben az a pedagógus éri el a legjobb eredményeket, aki hivatását a nagy alkotókhoz hasonló lelkesedéssel végzi, s képes rá, hogy minden gyerek értékes és érdekes produkciójára felfigyeljen.”

Hogyan gondozzuk a tehetségeket? Néhány módszer:

- osztálykeretben, differenciált feladatadás,
- váratlan helyzetben feltett különleges kérdések
- klub-szakköri foglalkozások
- fakultáció
- tantárgyi-szakmai vetélkedők

Mint már említettem, hazánkban is életre kelt egy tehetséggondozó mozgalom. Ennek szinte minden megyében vannak részesei – általános iskolától egészen a felsőfokú intézményekig.

Tehetséggondozás fizika szakkörön

Egy tehetséggondozó fizika szakkör Nyíregyházán, a 12. Sz. Általános Iskolában működött két éven át. Felmenőrendszerben dolgoztunk: első évben 7. osztályosokkal, 2. évben nyolcadikosokkal, természetesen ugyanazokkal a tanulókkal. A foglalkozásokat heti két órában tartottuk. Kezdetben főleg kísérleti munka folyt, később a feladatmegoldás is szerepelt.

Az alábbiakban – nem teljes részletességgel – ismertetem a tematikát, amely alapján dolgoztunk a két évben. Természetesen átfedések vannak, hiszen állandóan bővítettük a meglévő és a szerzett ismereteket. A jelenségek mélyebb értelmezése, a bonyolultabb, összetettebb problémák, feladatok megoldása maradt a 2. évre.

7. osztályos témaköreink

1. Az anyag felépítése

- az atomok létezése, felépítése
- különböző halmazállapotú anyagok viselkedése
- anyagszerkezeti magyarázatok (alapszinten)

2. A testek mozgása

- a mozgás fogalma, viszonylagossága

- mozgásfajták, értelmezésük
- tömegvonzás
- árapály jelenség
- Newton munkássága

3. Hőtani kísérletek

- hőtágulás
- hőterjedés fajtái – anyagszerkezeti magyarázattal
- halmazállapot-változások – anyagszerkezeti magyarázat
- éghajlati vonatkozások
- víz körforgása

4. Ismerkedés az elektromosan töltött részecskékkel

- elektrosztatika
- az elektronok mozgása
- érdekességek az elektromosság köréből

5. Ionok keletkezése

- ionok vándorlása
- kísérletek folyadékokkal
- galvánelemek-áramforrások
- tudósok munkássága

6. Áramkörök

- áramkörök összeállítása, elemzése
- hibakeresések
- mérőműszerek használata

7. Mágnesség

- állandó elektromágnesek (anyagszerkezeti magyarázat)
- kísérletek mágnesekkel
- érdekességek a mágnességről

8. Folyadékok, gázok nyomása

- Pascal– törvény
- Torricelli munkássága
- nyomásmérők működése
- kísérletek áramló levegővel
- áramvonalak szerepe
- hőléggallon működése

9. Energiafajták, felhasználásuk

- energiafajták
- energiamegmaradás
- a jövő energiaforrásai
- az örökmozgó problémája

8. osztályos témakörök

1. Csillagászat

- csillagok születése, halála
- Naprendszer
- Tejútrendszer
- az élet lehetősége más bolygón

2. A testek mozgása

- mozgástípusok
- Newton-törvények
- lendület-lendületmegmaradás
- feladatmegoldások a témakörből

3. Egyenáram, váltóáram, elektromágnesség

- elektromágneses indukció
- alkalmazások: elektromotorok, transzformátor, mérőműszerek
- tudósok munkássága

4. Feladatmegoldások az elektromosság köréből

5. A fény és tulajdonságai

- természete
- fényelektromos jelenség
- hullámtermesztet kísérleti igazolása

6. Fényjelenségek I.

- visszaverődés – teljes fényvisszaverődés
- tükrök, képalkotásuk, felhasználási területük
- képszerkesztések
- feladatok megoldása

7. Fényjelenségek II

- fénytörés
- prizmak, lencsék – törésmutató
- fókusz távolság, dioptria meghatározása kísérlettel
- képszerkesztések, számítási feladatok
- optikai eszközök működése

8. Fényjelenségek a természetben

- délibáb – száloptika és felhasználása
- színbontás – színszóródás
- szivárvány
- optikai csalódások

9. Hőjelenségek

- megnyúlás kvalitatív, kvantitatív összefüggések
- térfogati tágulás
- p ; V ; T kapcsolata
- Boyle–Mariotte törvénye
- Gay-Lussac törvénye
- feladatmegoldások

Mindkét évben írtunk ki pályázatot a tanulóknak. A témák a következők voltak:

7. osztályban

1. Az atom felépítése
2. Elemi részek
3. Az űrhajózás fejlődése
4. Bolygók mozgása
5. Newton, Eötvös, Kepler, Kopernikusz munkássága
6. A villám és védekezés ellene
7. Szabadon választott téma

8. osztályban

1. Rakétatechnika
2. A mágnes felhasználási lehetőségei
3. Az örökmozgás problémája
4. Optikai csalódások és magyarázatuk
5. Egyszerű fénytani kísérletek gyűjteménye

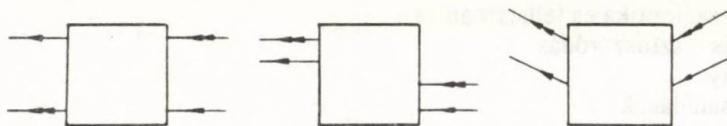
Az anyag feldolgozása során igyekeztünk változatos módszereket alkalmazni. Pl. voltak felelőseink, akik a rádióban hallott, a tv-ben látott természettudományos újdonságokat ismertették a többiekkel. Gondolkodtató kérdéseket, azok magyarázatát gyűjtötték, különféle témából kiselőadásokat tartottak. Szerettek a fizikai feltalálókról, eszközökről, fogalmakról barkochbázni. Rengeteg kísérletet végeztek el otthon is, azok tapasztalatairól beszámoltak. Egyszerűbb keresztrejtvényeket állítottak össze, ezeket kellett társaiknak megfejtetni. Fogalmakat, jelenségeket találtattak ki, ha megadták a meghatározásokat. Azok helyes megválaszolása és a kezdőbetűk helyes sorrendje adta a jó választ. Hoztak régebbi felvételi feladatokat, abból tartottak egymásnak feladatmegoldó versenyt.

A kitartó, lelkes munka eredményeként több tanuló sikeresen szerepelt az egyéni pályázaton, eljutottak az utolsó fordulóig, ahol jó eredményt értek el.

Kirándulást tettünk Napkoron a Meteorológiai Állomáson, Budapesten a Planetáriumban.

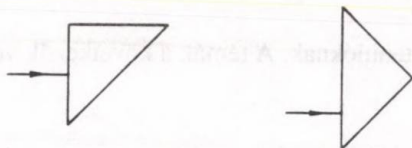
Szeretnék ismertetni néhány feladatot, keresztrejtvényt, melyeket a tanulók alkottak, illetve dolgoztak ki.

1. Milyen optikai eszköz vagy eszközök lehetnek a dobozban? Egészítsd ki a rajzokat! 1. ábra



1. ábra

2. Rajzold le a prizmából kilépő fénysugarakat! Milyen fényjelenségeket veszel észre? Magyarázd meg a látottakat! 2. ábra



2. ábra

3. Egy jégtömböt a rajta átvetett drótszál (melyre nagy súlyú testet akasztunk) átvágja. A jég nem esik ketté. Mi a jelenség magyarázata?

4. Egy 40 l-es vastartályt 15 °C-on petróleummal teletöltünk. Mi történik, ha 24 °C hőmérsékletű helyiségbe visszük? Mennyivel változik a térfogat? Mire kell ügyelni a folyadékoknál?

5. Tanulók által készített keresztrejtvény:
(Csak vízszintes sorok vannak, a megfejtést az adja, ha a számozott betűket összeolvaszuk.)

1. Magyar fizikus
2. A neutron töltése
3. Ohm-ról nevezték el a mértékegységet
4. Ez is egyenletesen változó mozgás
5. Föld középpontú szemlélet
6. Pascal a mértékegysége
7. Áramforrás
8. —O— az áramköri jele
9. A Földnek ilyen mezője is van

1.							1					
2.	9											
3.				4								
4.									2			
5.	3											
6.		5										
7.											7	
8.		6										
9.		8										

6. Ilyen sugárzás is létezik.
A relativitáselmélet atyja.
Atommodell fűződik a nevéhez.
Ezzel tájékozódik a denevér.
Hangtani jelenség.

Az elektromágneses indukcióval foglalkozott.

A fénynek ilyen természete is van.

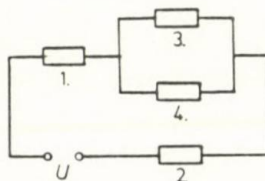
Halmazállapot-változás.

Ha helyes sorrendben olvasod össze a megfejtések kezdőbetűjét, egy híres fizikus nevét kapod! (Az R betű 3-szor szerepel)

Mit tudsz erről a fizikusról? Ha keveset, ismerkedj meg munkásságával!

3. ábra

7. Mennyi a 20 ohmos ellenálláson az elektromos teljesítmény, az ábra szerinti kapcsolatban?



$U = 26V$
 $R_1 = 10 \text{ ohm}$
 $R_2 = 30 \text{ ohm}$
 $R_3 = 30 \text{ ohm}$
 $R_4 = 20 \text{ ohm}$

4. ábra

Munkámat megkönnyítette Dr. Erlichné Dr. Bogdán Katalin főiskolai adjunktus Szak-
köri munkafüzet kísérletező kis fizikusoknak c. munkája is, melyből sok ötletet merítettünk.

Mint korábban említettem, a tehetséggondozás egy másik formája a tantárgyi verseny. Korábban a TTUSZ, az egyéni pályázat, a KFBK (TIT kereten belül) átvállalta a tanulók versenyeztetését, mely természetesen elsősorban a tehetségek erőpróbája volt. Mint tudjuk, ezek a formák megszűntek, így minden területi egység igyekszik a hiányt pótolni.

Megrendeztük s ezután minden évben megrendezzük általános iskolások számára a Lakatos Istvánról elnevezett fizika egyéni versenyt. Ez több fordulóból áll – iskolai, területi, megyei fordulóból –, és a legügyesebben szereplő tanulók nyáron szaktáborban vesznek részt.

Az általános iskolában elkezdett tehetséggondozás folytatódik a középiskolában, sőt a főiskolákon, egyetemeken is. Összehangolt, egymást segítő munkánk előbb vagy utóbb biztosan realizálódik az élet minden területén.

IRODALOM

1. *Báthory Zoltán*: Tehetségnevelés az iskolában
2. *Báthory Zoltán*: Pedagógiai vita a tehetségnevelésről
3. *Illés Lajosné*: Az iskolai tehetségnevelés lehetőségei és módszerei – nemzetközi áttekintés (Pedagógiai Szemle. 1985. 3.sz., 1986., 9.10. sz.)
4. *Hermann Lászlóné*: Az iskolai tehetségnevelés és pedagógiai kérdései speciálkollégiumi foglalkozások keretében (Felsőoktatási Szemle. 7-8. sz.)
5. *Csiszár Emese*: A tehetséggondozás egy lehetséges módja
6. *Kiss Lajos*: A tehetséggondozás egy lehetséges módja a középiskola előtt
7. *Dr. Hadházy Tibor-Tóth Imre*: A tehetségkutatás és tehetséggondozás egyik formája: a fizikaverseny
8. *Tóth Imre*: A tehetséggondozás lehetőségei és tapasztalatai Szabolcs- Szatmár megyében

Könyvismertetés

Radnai Gyula:

FELVÉTELI FIZIKÁBÓL

Tankönyvkiadó, Budapest, 1988. 408 oldal, ára: 85,- Ft.

Radnai Gyula munkája könyvsorozatának harmadik kötete. Előzménye az 1971-ben megjelent Felvételi feladatok fizikából és az 1978-ban megjelent Fizika a felvételi vizsgán. Az új könyvnek négy fő fejezete van.

Az első részben a szerző a fizika felvételével kapcsolatos legfontosabb tudnivalókat tekinti át. Ismerteti a felvételi tematikáját, az írásbeli dolgozatok pontozását (ez az önelenőrzésben segít), a felkészüléshez felhasználható szakirodalmat (nemcsak felsorolást, hanem rövid ajánlást, értékelést is kapunk) és egyéb praktikus ismereteket és tanácsokat is ad.

A második és harmadik rész a kétféle írásbeli felvételinek megfelelően (röviden fogalmazva) a műszaki és tudományegyetemekre, illetve az orvostudományi egyetemekre és tanárképző főiskolákra pályázók számára 1977 és 1986 között kitűzött feladatokat és azok megoldásait ismerteti. A megoldások részletesek, ahol szükséges ábrát, kiegészítő megjegyzéseket is közöl a könyv, néhol kétféle megoldást is ad. Az előbbieket a megértést segíthetjük, egyben mintát is mutatnak.

Az egyes évek feladatai, megoldásai után Pihenésül felcím alatt jeles tudósokkal, ismert személyiségekkel kapcsolatos szórakoztató történeteket olvashatunk. Itt idézi a szerző Nagy Bandó András rádióban elhangzott fizikapéldáit, amelyek közül kettőt mutatunk: „1. Az 1500 kg tömegű Dacia 30 m/s sebességgel halad lefelé egy hegyi szerpentin. Vajon mekkora a fékút abban az esetben, ha a tulajdonos az átvétel után nem vitte el meghúzatni az összes csavart? 2. Egy alberti szoba méretei $2,3 \times 3 \text{ m}^3 \cdot 1000 \text{ Ft}$, közönséges légköri nyomásnál tele levegővel és egy hattagú családdal, akik tele vannak mindezzel. Vajon mikor tudják befizetni az új lakást, ha a szobából nincs kiút?” (Ezen példának sem a végeredményét, sem a megoldását nem közli a könyv.)

A negyedik részben a külföldi egyetemekre jelentkezők számára 1977 és 1986 között adott feladatokat és a végeredményeket találjuk. A könyvet különösen a fizika felvételre készülők, a felvételi felkészítést végző tanárok figyelmébe ajánljuk. Várjuk a folytatást, a negyedik kötetet.

DOBA LÁSZLÓ

főiskolai tanársegéd

Kaposvári Tanítóképző Főiskola

Tíz évvel ezelőtt jelent meg először a Pedagógiai Technológia az Országos Oktatástechnikai Központ folyóirata. Kiadását az audiovizuális taneszközök elterjedése, felhasználásuk módszertani tapasztalatainak közreadása indokolta. Az elmúlt évtől új szerkesztőség végzi a folyóirat összeállítását, alkalmazkodva a megváltozott igényekhez. Változott, bővült a lap tartalma, terjedelme. Részben folytatja a kialakult hagyományokat, részben új pedagógiai területeket vont be a látókörébe. A legszélesebb értelemben vett pedagógiai technológia, a tanítási folyamat, egyes kérdéseit főként az egyes iskolai tárgyakhoz kötve tárgyalja a folyóirat. Szándékunk szerint azonban az egy tantárgyhoz kapcsolódó cikk a „más” szakosok számára sem érdektelen.

Az 1989-ben megjelenő 1. számunk az alábbi fizikai témájú cikkeket tartalmazza:

1. *Károlyházy Frigyes*: Ki lepkét fog, lopva járjon
2. *Halász Tibor*: A fogalomalkotásról
3. *Zátonyi Sándor*: A számítógépes szimuláció és az inteiorizáció
4. *Csákány Antalné*: Science oktatás az USA-ban. És nálunk?
5. *Takács Emőke*: TANÉRT fejlesztésű számítógépes eszközök a fizikatanításhoz
6. *ifj. Zátonyi Sándor*: A számítógép mint kísérleti eszköz
7. *Berkes József*: A fizikai fogalmak bevezetése és a világnézeti nevelés összefonódása az általános iskolai fizika tanításában.

8. *Smidéliusz Zsuzsa*: Könyv a C 16 Plus/4 fizikatanítási felhasználásáról

Az 1988/4-es szám volt az első magyar sajtóorgánium, amely teljes terjedelmében közölte a dombóvári pedagógusok felhívását, hatvannégyezer pedagógus követelését és az erre adott miniszteri választ. Azaz a hazai oktatásügy – minden pedagógust érintő – problémáival is foglalkozunk.

A megváltozott tartalomnak megfelelően lapunk új rovatokat nyitott, minden számában közöl esszét a pedagógiai technológia elméleti kérdéseiről a legjobb hazai szakemberek bevonásával. Rendszeresen jelennek meg írások a gyakorlati munkát végző pedagógusok tollából. A szemle rovatban ismertetést, kritikát közöl a megjelent könyvekről, audiovizuális taneszközökről, folyóirat tanulmányokról. Közli a hazai és külföldi pedagógiai technológiai jellegű események, konferenciák, audiovizuális bemutatók témáját, időpontját.

Az ÚJ MÉDIA rovatban közzéteszi a Magyarországon megjelent audiovizuális taneszközök adatait, rövid tartalmát. OKTATÁSTECHNOLÓGIAI INFORMÁCIÓK címen minden második számban bibliográfiát közöl a legújabb szakirodalomról.

Az egyes tantárgyak tanításához, az önképzéshez használható a TÉMABIBLIOGRÁFIA sorozat egy-egy összeállítása.

A folyóirat évente öt alkalommal jelenik meg, s mivel nem kerül postai terjesztése, közvetlenül a kiadónál rendelhető meg.

(OOK 8201, Veszprém, Szabadnép u. 15. Pf. 201.)

Kérjük, hogy minél több fizikát tanító kolléga rendelje meg 1989-re a Pedagógiai Technológiát, annál is inkább, mert lapunk fennmaradása az előfizetők számának függvénye.

TAKÁCS VIOLA
OOK
(Pedagógiai Technológia
rovatvezető)

DOLGOZÓK KÖZÉPISKOLÁJA

TANKÖNYVSOROZAT ÉS PÉLDATÁR

A gimnáziumban tanító tanárok néhány éve alternatív lehetőségek, két tankönyvsorozat között választhatnak. Én ebben a cikkben egy harmadikat ajánlok a kollegák figyelmébe, a már ugyan néhány éve megjelent, dolgozók részére írt könyveket és a hozzá tartozó feladatgyűjteményt. Elsősorban a normál tantervű és átlagos képességű osztályokra gondoltam.

Először néhány mondatot általánosságban a könyvek szerkezetéről, melyet rendkívül jónak tartok.

Egyik legnagyobb előny, hogy 2-3 lecke után mindig található néhány soros *összefoglalás*, melyben kiemelik a szerzők a legfontosabb alapfogalmakat. Ez nem található meg mindegyik nappali tagozatos könyvben, pedig nemcsak a sokszor önállóan tanuló felnőtteknek, hanem a fiatal gimnazistának is igen hasznos. Így tudja elmélyíteni a fizika alapjait, fogódzóul használni a problémák, feladatok megoldásánál.

Ezt több *kidolgozott példa* követi. Igen szép számmal találunk gyakorló feladatokat is az egyes anyagrészek után, egyszerűt és igényesebbet egyaránt.

A nappali tankönyvektől teljesen eltérően igen sok *feladatlap* segíti a tanulókat a felkészülésben, melyekhez megoldások, illetve útmutató tartozik. Ez nagymértékben elősegíti a dolgozók otthoni felkészülését. A nappalin el tudom képzelni ezek megbeszélését gyakorlóóra keretében, illetve ezek segítségével a dolgozatkérdések és példák összeállítását. Így *egyértelmű* a diákok számára is az, hogy mit és hogyan kell megtanulniuk, tudniuk, hogy *mik a követelmények*.

Ezt a tankönyvsorozatot használva a hiányzó tanulók lecke pótlása is sokkal könnyebb a rendkívül igényes, de ugyanakkor egyszerű magyarázatok, a kidolgozott feladatok és feladatlapok miatt.

Különösen a sportosztályok esetében, ahol a versenyek miatt sokat mulasztanak a tanulók, a magántanulóknál az osztályvizsgára való felkészüléshez, de az egyetlen órát nem mulasztó tanulóknál is nagyon hasznos segédeszköze a tankönyv.

A könyvek végén a dolgozók év végi javasolt vizsgakérdései találhatók, melyek a nappalin is segítséget nyújthatnak az év végi összefoglaláshoz, rendszerezéshez.

Térjünk rá a tartalmi kérdésekre!

Nyelvezete, stílusa egyszerű, könnyen érthető. Sok egyszerűen, akár otthon is elvégezhető kísérlet leírása található meg a könyvekben. Viszont egy kicsit más a tananyag, mint a nappalin. Kevés a modern fizika, két rövid fejezetre szűkül mindössze, így a negyedik osztályban nem nagyon használható. Gyakorlatilag az első három év anyaga van négy évre elosztva. Itt is néhány helyen ki kell egészíteni, máshol viszont többet tartalmaz. Nem hiszem, hogy ez gondot okozna a tanítási folyamatban. A tanár bármelyik könyvből is tanít, azt mindig igyekszik a saját és osztálya képére formálni. Egyes részeket elnagyolunk kicsit, máshol pedig kiegészítünk, ha úgy látjuk jónak.

Nézzük végig az egyes könyveket!

Tóth Ferenc:

FIZIKA I.

Bevezetesként a természet megismerésének módszereivel ismerteti meg a könyv, majd az első részben a fizika legfontosabb alapfogalmainak összefoglalása következik, melyek nagy részét az általános iskolából ismernie kell a tanulóknak. Pl.: a fizikai mennyiségek és mértékegységek, skalár, vektor, kölcsönhatás, erő, nyomás, munka, energia. Ezt követi a halmazállapotok rövid ismertetése, majd a légkör statikája, mely ilyen formában nem kerül elő a nappalin, pedig úgy gondolom ott is hasznos beszélni erről. A harmadik, legnagyobb fejezet a kinetikus gázelmélet alapjait tárgyalja meglehetősen részletesen a (p,V) ; (p,T) ; és (V,T) állapotdiagramok felhasználásával. A fejezet végén kerülnek szóba a termodinamika főtételei és itt már nem csak gázokról van szó. Ez után egy nagyon precíz összefoglaló fejezet következik, mely még egyszer kiemeli a legfontosabb törvényeket, összefüggéseket, majd a könyvet 15 feladatlap zárja. Nagyon sok a kidolgozott és a gyakorló feladat a könyvben, tehát akár példatárként is használható a termodinamika tanításához.

Pl.: 10 darab, egyenként 0,000 01 g tömegű golyó sebessége egy adott pillanatban rendre: 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 és 1000 m/s. Mekkora a 10 golyóból álló modellgáz belső energiája?

Kiss Lajos - Páhán István:

FIZIKA II.

A könyv első fele a folyadék- és a szilárd halmazállapotokkal foglalkozik. Vagyis amit a nappalin 1 év alatt tanítunk meg az estin 1,5 év, ennek megfelelően ez a rész is bővebb. Többek közt a felhajtóerő, Arkhimédész törvénye is szerepel sok gyakorló feladattal együtt. A könyv második felében a mechanika rész első fele található. Konkrétan a kinematika, de csak az egyenes vonalú mozgások és a dinamika alapjai. Definálja a mozgást, vonatkoztatási rendszert, anyagi pontot, ismét áttekinti a mechanika szempontjából oly fontos skalár és vektor mennyiségeket. Fontosnak tartom a fogalmak pontos definícióját, hiszen a gyerek számára ez a fogódzó, amire majd ismereteit építi. Egy 16 éves fiatalnak, de még az idősebbnek is nagyon nagy szüksége van erre. Így rendszerezheti ismereteit. Ugyanakkor megkönnyíti a tanári számonkérést is.

A konkrét mozgások tárgyalását az egyenes vonalú egyenletes mozgással kezdi, majd a változó mozgásokra az egyenes vonalú egyenletesen változó mozgás a példa. Itt kerül a sor a szabadesés tárgyalására is. A változási gyorsaság csak olvasmányban szerepel, melyet én a magam részéről a Dede–Isza könyvnek megfelelően részletesebben szoktam tárgyalni, hiszen ez a fogalom, „az idő szerinti derivált középiskolás megfelelője” nagyon sokszor előkerül mind a mechanika, mind harmadikban az elektromosságtan tárgyalásakor. A mozgásokat viszont már a dolgozók könyvéből tanítom. Nem beszélek a második év elején a görbe vonalú mozgásokról (ez a sorozat következő könyvében szerepel). Úgy érzem ez ekkor még nem időszzerű. A gyorsulás (a második derivált) fogalmát viszont elfogadják a tanulók. Ők maguk kapcsolják össze a gyorsuló, illetve fékező autó konkrét példájával. Így lehet már a második év elején nagyon sok autós példát megoldani, ami ezt a száraz és kicsit elvont anyagrészt életközébe hozza a tanulók számára.

A következő fejezet a dinamika alaptörvényeit tartalmazza igen sok gyakorló feladattal együtt. A kényszermozgások esetében a lejtő hiányzik, ezt így külön kell tárgyalni.

A rendkívül sok kidolgozott és gyakorló feladat mellett, melyek az egyes leckék után találhatók a könyv végén feladatlapokat és kérdéssorozatok is találunk, melyeket az új fogalmak vázlatos összefoglalása előz meg.

Pl.: Rajzoljunk olyan pályavonalakat, amelyekhez tartozó utak és elmozdulások eleget tesznek az alábbi feltételeknek!

- a) Az út nagyobb az elmozdulásnál.
- b) Az út egyenlő az elmozdulással.
- c) Az elmozdulás nulla, de az út nem.

Kiss Lajos - Vantsó Erzsébet:

FIZIKA III.

A könyv első fejezete az egyenletes körmozgással és az általános tömegvonzással foglalkozik. Ha a nappali gimnázium tananyagát nézzük, akkor a másodikosoknak a Fizika II. második fele körülbelül az első félévi anyag, a Fizika III. első fele a második félévi anyag. Ebben a szisztémában tanítva tehát csak a második félév elején kerül sorra a görbe vonalú mozgás. Az első lecke ebben a könyvben a sebesség-fogalom általánosítása, majd ez után következik az egyenletes közmozgás tárgyalása kinematikailag, majd dinamikailag a mozgásegyenlet segítségével, melyet rendkívül sok kidolgozott és gyakorló feladat követ. A bolygómozgás mindössze két lecke sok példával, majd a forgómozgás részletes tárgyalása következik. Kiegészítésként külön leckében szerepelnek a különböző egyensúlyi helyzetek és az állásszilárdság is. A harmadik fő fejezet az energia témakörét tárgyalja, ami a második év végére kerül a nappali tagozaton.

A könyv második fele, mely Vantsó Erzsébet munkája a mechanikai rezgéseket, majd a mechanikai hullámokat végül pedig a fénytant tárgyalja, természetesen az elektromágneses jelleg ismertetése nélkül, csak mint hullámjelenséget. Ez a sorrend hasznos lehet a nappalin is, mivel ha a fénytant teljes egészében az év végére kerül, akkor sokszor elnagyoljuk idő hiányában. Pedig nagyon fontos rész, ha másra nem is gondolunk csak a felvételi feladatokra. Optikai feladat évek óta nem hiányzott a felvételi példasorból.

Ez a fejezet is bővebb, mint a nappalin. A hullámoptikát részletesebben tárgyalja, és még ezen kívül helyet kapnak a különböző optikai eszközök (tükrök, lencsék), mely kimaradt az utolsó reform idején, majd végül a színéről és a látás folyamatáról is szó van. A könyv a többihez hasonlóan feladatlapokkal, kérdésekkel, az új fogalmak kiemelésével zárul.

Pl.: Mennyi a fehér fény hullámhossza?

Szljártó József:

FIZIKA IV.

Ebben a tankönyvben található a nappali szerinti harmadik és negyedik osztály anyaga természetesen jóval rövidebben. Az első nagy fejezet az elektromosságtant öleli fel, melyben véleményem szerint minden lényeges ismeret megtalálható, amire egy általánosan művelt embernek szüksége lehet ebből a témakörből sok gyakorló feladattal, feladatlappal együtt.

Pl.: II. Feladatlap

Orsóra csévelt szigetelt huzalról kell megállapítanunk, hogy milyen hosszúságú. A huzal igen vékony, így nem ajánlatos letekercselni az orsóról. A kör keresztmetszetű huzal átmérője viszont könnyen meghatározható (pl. csavarmikrométerrel). A legegyszerűbb megoldásnak a hosszúság elektromos úton való megállapítása látszik.

A megoldáshoz a szerző hat pontban adja meg a szükséges segítséget. A Maxwell-egyenletek és a frappáns levezetések hiányoznak, de ezeket úgyis csak az érdeklődő tanulóknak mondhattuk el eddig is. Ugyanakkor viszont külön leckét szentel a lakás villamos hálózatával kapcsolatos balesetvédelmi tudnivalóknak.

Érdekesség, hogy a félvezetőről is az elektromos áram tárgyalásakor kerül szó a katódsugárzással és a fotoeffekttussal együtt. A második, kisebb fejezet az atomfizika, a magfizikát is beleértve, a harmadik, legkisebb rész pedig a csillagászat.

A könyv végén Dr. Abonyi Iván által írt utószó található „Fizika és világnézet” címmel, melyet a negyedik osztály év végén a fizikai tanulmányok lezárásához tudok ajánlani.

Győri István – Horváth Árpádné – Martinusz József:

FIZIKA FELADATGYŰJTEMÉNY

Amint azt a bevezetőben már említettem a tankönyvsorozathoz tartozik egy példatár is, mely 12 fejezetében igen sok, érdekes feladatot közöl a részletes megoldásokkal együtt. Több grafikon- és táblázatelemzés, életből vett példa található a tankönyvi anyaghoz kapcsolódva. Megtalálhatók a könyvben az egyszerű rutinpéldák és az igényesebb, akár felvételi szintű feladatok is.

Pl.: Mekkora az emberi szív átlagos teljesítménye, ha a bal kamra és a jobb pitvar közötti szisztolés nyomáskülönbség 16 kPa és a bal kamra egyetlen összehúzódásakor 80 ml vér áramlik az érrendszerbe? A normális szívfrekvencia 75 l/s. Mekkora munkát végez 70 év alatt a szív bal kamrája?

Remélem e cikk segítséget ad a kollégáknak a diákok felkészítéséhez, egy újabb lehetőség megismerése megkönnyíti munkájukat.

Dr. RADNÓTI KATALIN
BUDAPEST

Kölcsey Ferenc Gimnázium

СОДЕРЖАНИЕ

Д-р Вермеш Миклош: Общегосударственный Ореднешкольный Учебный Конкурс по Физике 1989 г. Конкурс гимназистов	65
Берцеш Дёрдь : Фёзи Иштван- Юхас Андраш - Ташнади Петер: Отчёт о заданиях третьего /практического / тура Общегосударственного Среднешкольного Учебного Конкурса 1988-89 гг.	69
Балог Ласло: Д-р. Общегосударственный Среднешкольный Учебный Конкурс по Физике. Конкурс учеников профессиональных средних школ	79
Д-р Беркеш Ёжеф Берток Ева Д-р Котек Ласло: Задания экспериментального тура Общегосударственного Учебного Конкурса учеников профессиональных средних школ 1987-88 гг. и их решение	82
Киш Лайош-Д-р Вида Ёжеф:Отчёт об учебном конкурсе по физике для начальных школ в комитате Хевеш.....	90
Надь Тибор : Теория реальных столкновений.....	93
Шомоди Шандор : Давление идеального газа в шаровидной банке	98
Лёренцеи Тамаш : Применение компьютеров в обучении изменения адиабатической консистенции газов	101
Затони Шандор : Набор "Mechanika C PLUS/4" к физике начальной школы	104
Ковачич Чаба : Надение Земли в Солнце: задача по физике.....	107
Д-р Франё Иштван: Количество уроков, отношения	110
Д-р Чакан Антал: За наших детей.	112
Варга Клара : Ухоание за талантом в начальной школе	115
Рецензия книг / Доба Ласло, Такач Виола, Радноти Каталин /.....	123

INHALT

Dr. Vermes Miklós: Der Landesstudienwettbewerb der Mittelschulen in Physik in 1989. Der Wettbewerb der Gymnasialschüler.....	65
Bérces György-Főzy István-Juhász András-Tasnádi Péter: Bericht über die Aufgaben der dritten (praktischen) Runde des Landesstudienwettbewerbs der Mittelschüler im Schuljahr 1988-1989.....	69
Balogh Lászlóné Dr.: Der Landesstudienwettbewerb der Mittelschulen in Physik in 1989. der Wettbewerb der Fachmittelschüler	79
Dr. Berkes József – Bertók Éva – Dr. Kótek László: Die Aufgaben der experimentellen Runde des Landesstudienwettbewerbs der Fachmittelschulen im Schuljahr 1987-1988 und ihre Lösung	82
Kiss Lajos-Dr. Vida József: Bericht über den Studienwettbewerb der Grundschulen in Physik im Komitat Heves.....	90
Nagy Tibor: Die Theorie der reellen Pralle .	93
Somogyi Sándor: Der Druck des idealen Gases in einem kugelförmigen Behälter	98
Lőrentei Tamás: Die Anwendung des Personalcomputers im Unterricht der adiabatischen Zustandsänderung der Gase	101
Zátonyi Sándor: Mechanik C Plus 4-Garnitur für den Physikunterricht in der Grundschule	104
Kovácsics Csaba: Die Neigung der Erde zur Sonne: eine physikalische Aufgabe	107
Dr. Franyó István: Stundenzahlen, Proportionen	110
Dr. Csákány Antalné: Für unsere Kinder	112
Varga Klára: Talentförderung in der Grundschule	115
Buchbesprechung (Doba László, Dr. Takács Viola, Dr. Radnóti Katalin)	123

Ára : 14 – Ft

Felhívjuk olvasóink figyelmét!

<i>Bonifert Domonkosné—Halász Tibor—Miskolci Józsefné—Molnár Györgyné: Fizikai kísérletek és feladatok általános iskolásoknak (Rsz.: 8094)</i>	Fűzve: 37,—Ft
<i>Budó Ágoston: Kísérleti fizika I. (Rsz.: 4292/I.)</i>	Kötve: 63,—Ft
<i>Budó Ágoston: Kísérleti fizika II. (Rsz.: 4292/II.)</i>	Kötve: 51,—Ft
<i>Budó—Mátrai: Kísérleti fizika III. (Rsz.: 4292/III.)</i>	Kötve: 73,—Ft
<i>Dér—Rdnai—Soós: Fizikai feladatok I. (Rsz.: 8175/I.)</i>	Fűzve: 42,—Ft
<i>Dér—Radnai—Soós: Fizikai feladatok II. (Rsz.: 8175/II.)</i>	Fűzve: 39,—Ft
<i>Halász Tibor—Kovács László—Miskolci Józsefné—Szántó Lajos: Tanári kézikönyv. FIZIKA 6. osztály (Rsz.: 83109)</i>	Fűzve: 44,—Ft
<i>Halász Tibor—Kovács László—Miskolci Józsefné—Szántó Lajos: Tanári kézikönyv. FIZIKA 7. osztály (Rsz.: 83 036/I.)</i>	Fűzve: 38,—Ft
<i>Halász Tibor—Kovács László—Kövesdi Pál—Miskolci Józsefné—Szántó Lajos: Tanári kézikönyv. FIZIKA 8. osztály (Rsz.: 83 036/I.)</i>	Fűzve: 31,—Ft
<i>Karácsonyi Rezső: Egy a valóság, s ezer a ruhája. I. Olvasókönyv az általános iskolai fizikához (Rsz.: 8077/I.)</i>	Kötve 45,—Ft
<i>Karácsonyi Rezső: Egy a valóság, s ezer a ruhája. II. Olvasókönyv az általános iskolai fizikához (Rsz.: 8077/II.)</i>	Kötve 31,—Ft
<i>Karácsonyi Rezső: Egy a valóság, s ezer a ruhája. III. Olvasókönyv az általános iskolai fizikához (Rsz.: 8077/III.)</i>	Kötve 43,—Ft
<i>L. D. Landau—E. M. Lifsic: Mechanika Elméleti fizika I. (Rsz.: 42 221/I.)</i>	Kötve: 39,—Ft
<i>L. D. Landau—E. M. Lifsic: Klasszikus erőterek Elméleti fizika II. (Rsz.: 42 221/II.)</i>	Kötve: 60,—Ft
<i>L. D. Landau—E. M. Lifsic: Kvantumtechnika Elméleti fizika III. (Rsz.: 42 221/III.)</i>	Kötve: 86,—Ft
<i>V. B. Bereteckij—E. Lifsic—L. P. Pitajevszkij: Relativisztikus kvantumelmélet. Elméleti Fizika IV. (Rsz.: 42 221/IV.)</i>	Kötve: 84,—Ft
<i>L. D. Landau—E. M. Lifsic: Statisztikus Fizika I. Elméleti fizika V. (Rsz.: 42 221/V.)</i>	Kötve: 85,—Ft
<i>L. D. Landau—E. M. Lifsic: Hidrodinamika Elméleti fizika VI. (Rsz.: 42 221/VI.)</i>	Kötve: 78,—Ft
<i>L. D. Landau—E. M. Lifsic: Rugalmasságtan Elméleti fizika VII. (Rsz.: 42 221/VII.)</i>	Kötve: 32,—Ft
<i>E. M. Lifsic—L. P. Pitajevszkij: Kinetikus fizika. Elméleti fizika X. (Rsz.: 42 221/X.)</i>	Kötve: 79,—Ft

Beszerezhetők, illetve előjegyezhetők a KÖNYVESBOLTOKBAN!